

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

**ROZVINOVÁNÍ POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA POMOCÍ 3D CAD
PROGRAMU CATIA A ŘEŠENÍ MOŽNÝCH VÝSTUPŮ**

**UNFOLDING OF THE SURFACE OF A HUMAN BODY USING 3D
CAD PROGRAM CATIA AND SOLVING OF THE POSSIBLE
OUTPUTS**

LIBEREC 2013

MARKÉTA VNOUČKOVÁ

P r o h l á š e n í

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne 27. května 2013

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Mgr. Marii Nejedlé, Ph.D. za odborné vedení a za poskytování mnoha cenných rad při zpracovávání diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat Mgr. Kristýně Hradilkové za korekturu a náměty k textu. V neposlední řadě patří díky mé rodině za podporu a pozitivní energii.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá metodami rozvinování rozvinutelných povrchů objektů s využitím 2D a 3D CAD programů využívaných v průmyslových odvětvích všeobecně, zejména však pro účely výroby oděvů, plastické chirurgie a antropologie. Součástí práce je ukázka postupu řešení výroby oděvu přímo ze zobrazení lidského těla s využitím programů AccuMark a Grafis.

Hlavní část práce je soustředěna na rozvinutí naskenovaného lidského těla – figuríny – pomocí rovin na těle s využitím modulů a nástrojů 3D programu CATIA a navrhuje postup tvorby oděvu na základě získaného rozvinu v souvislosti s vytvářením vrstev jednotlivého oblečení na těle.

Klíčová slova

Rozvinování povrchů objektů, skenování lidského těla, tělesné roviny, tělesné rozměry, systém přídavek u oděvů

Abstract

This thesis is concerned with the methods of unfolding of the developable surfaces of objects by means of 2D and 3D CAD programs that are used generally in industries, especially though for the purposes of clothing manufacturing, plastic surgeries and anthropology. One part of this work describes the procedure of clothing manufacturing directly from the portrayal of a human body by means of the AccuMark and Grafis programs.

The main part of this study concentrates on the unfolding of a human body – a figurine – by using planes on the body with the models and tools of 3D CATIA program. It suggests the procedure of designing clothing on grounds of the acquired plane in connection with the generation of layers of individual clothing on a body.

Keywords

Unfolding of the developable surfaces of objects, scanning of a human body, body planes, body measurements, the system of clothing allowances

Seznam použitých zkratk

2D	dvojdímenzionální, dvourozměrný
3D	trojdímenzionální, trojrozměrný
apod.	a podobně
atd.	a tak dál
BSA	Body Surface Area
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
CATIA	Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application
např.	například
MTM	Made To Measure
obr.	obrázek
resp.	respektive
tj.	to jest
WYSWYG	What You See is What You Get

Obsah

ÚVOD.....	100
1. ROZVINUTELNÉ PLOCHY	111
1.1 Typy rozvinutelných ploch	11
1.2 Metody komplanace	12
1.2.1 Metoda normálového řezu	12
1.2.2 Metoda triangulace	14
1.2.3 Tečna křivky v rozvinutí.....	14
1.2.4 Rozvinutí rozvinutelné šroubové plochy	15
1.2.5 Rozvinutí přechodové rozvinutelné plochy	16
1.3 Využití rozvinutelných ploch.....	17
2. NAVRHOVÁNÍ POMOCÍ POČÍTAČE	18
2.1 Rozdělení CAD systémů	19
2.2 2D a3D počítačová grafika.....	20
2.3 Geometrické modelování	21
2.3.1 Modelování křivek a ploch	21
2.3.2 Modelování objektů	23
2.3.3 Reprezentace těles.....	23
3. ROZVINOVÁNÍ POVRCHU OBJEKTU POMOCÍ CAD.....	26
3.1 Průzkum CAD metod rozvinování ve 3D oděvním designu.....	26
4. ROZVINOVÁNÍ POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA	31
4.1 Povrch lidského těla - teoretický přístup.....	31
4.2 Matematický model povrchu lidského těla	32
4.3 Odhad povrchu a hmotnosti lidského těla pro účely aplikace.....	33
4.3.1 Stanovení tělesného povrchu	33
4.3.2 Odhad hmotnosti lidského těla	33
4.4 Rozvinování povrchu lidského těla pro účely oděvní výroby.....	35
4.4.1 Postup tvorby oděvu ze 2D střihu do 3D modelu oděvu	35
4.4.2 Proces tvorby střihu ze 3D objektu (lidského těla) do 2D střihu oděvu ...	37
4.4.3 Konstrukce střihů na základě fotografie zákazníka	39

4.4.4	Snímání tělesných rozměrů z fotografie	45
4.4.5	Rozvinování povrchu lidského těla proužkovou metodou	47
5.	ORIENTACE NA LIDSKÉM TĚLE	48
5.1	Zjišťování tělesných rozměrů lidského těla	48
5.2	Členění lidského těla rovinami.....	52
6.	ROZVINOVÁNÍ POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA POMOCÍ 3D CAD PROGRAMU CATIA.....	53
6.1	Možnosti programu CATIA a jeho využití při rozvinování.....	53
6.2	Návrh metodiky pro rozvinutí lidského těla.....	54
6.2.1	Načtení naskenovaného lidského těla do programu CATIA	56
6.2.2	Úprava načtených bodů a vytvoření povrchu „mesh“	57
6.2.3	Vytvoření rovin a řezů těla pomocí určených somatometrických bodů ...	58
6.2.4	Vytvoření drátového modelu rekonstrukcí křivek	59
6.2.5	Rozdělení drátového modelu a jeho pokrytí plochou	60
6.2.6	Rozvinutí povrchu trupu	62
6.2.7	Vytvoření drátového modelu a povrchu lidského těla na základně zjednodušených obvodů.....	63
7.	POSTUP ŘEŠENÍ OD ROZVINUTÉHO TĚLA K ODĚVU	67
7.1	Aplikace systému přídavků v systému CATIA.....	67
7.1.1	Stanovení přídavků na volnost k tělesným rozměrům.....	68
7.1.2	Výpočet přídavků pro zvětšení obvodů hrudníku, pasu a sedu	68
7.1.3	Aplikace přídavků u drátového modelu trupu lidského těla.....	69
	ZÁVĚR.....	71
	POUŽITÁ LITERATURA	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	79

ÚVOD

Každý z nás se někdy v průběhu svého vzdělání setkal s rozvinováním povrchů jednoduchých těles, jako je krychle, jehlan nebo válec apod. Vždy bylo cílem zjistit, jaký má rozvinutý povrch tvar a jaký je jeho obvod a obsah. Rozvinutí objektů negeometrických tvarů je obtížný úkol. Některé povrchy, jako například povrch koule, jsou pokládány za nerozvinutelné. U takových objektů je třeba povrch zjednodušit, rozdělit na rozvinutelné geometrické tvary, například mnohostěny, a využít tzv. metody aproximace sítí trojúhelníků. Na tomto principu funguje většina CAD systémů, které dovedou generovat geometrické prvky. Rozvinutý povrch zajímá odborníky ze všech odvětví průmyslu, neboť je důležitý a nezbytný pro tvorbu výrobků samotných.

Lidské tělo je tvarově velmi složitý negeometrický trojrozměrný útvar. Má celou řadu vystouplých míst, prohlubní a oblín, které jsou dány tvarotvornou soustavou lidského těla kosterní, svalovou a kožní. Povrch lidského těla je předmětem zkoumání v medicíně, antropologii a hlavně v oděvním průmyslu, neboť oděv tvoří zjednodušený obal těla.

Výzkum oděvů v rámci 3D CAD systémů v posledních dvou desetiletích dosáhl velkého rozmachu, k čemuž přispěl velký rozvoj počítačové grafiky. 3D CAD aplikace umožňují komplexní řešení módního návrhářství a designu výrobku od samotné výroby až po samotný prodej.

Rozvinout lidské tělo není jednoduché, ale je možné právě s využitím současných 3D CAD systémů. Základem pro CAD systémy jsou skeny postavy, které v současné době už nepředstavují hlavní problém.

Hlavním cílem této diplomové práce je rozvinout povrch lidského těla pomocí 3D CAD programu CATIA na základě skenu postavy, pořízeného systémem MaNescan s využitím tělesných rovin, a navrhnout způsob tvorby oděvu na základě získaného rozvinutí.

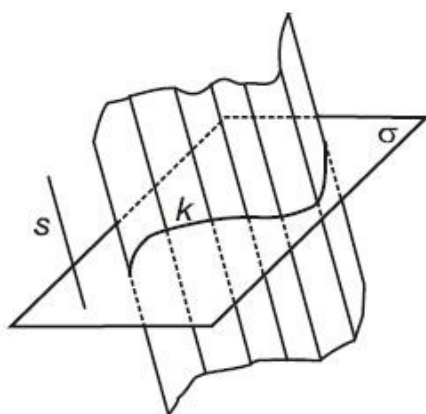
1. ROZVINUTELNÉ PLOCHY

Rozvinutelné plochy jsou přímkové plochy, pro které existují izometrická zobrazení do roviny, tj. lze je rozvinout do roviny. Délky každého oblouku křivky a úhly na těchto plochách zůstávají díky Gaussovu zakřivení rovnému nule po jejich rozvinutí neměnné. Gaussovo zakřivení je tedy vlastnost nesmírně důležitá při použití rozvinutelné plochy ve zpracovatelském průmyslu. Rovinnou plochu tak získáme rozložením, ohýbáním, lepením nebo rozvinutím z nepružného materiálu bez obav, že by došlo k jeho prodloužení nebo natržení. [1]

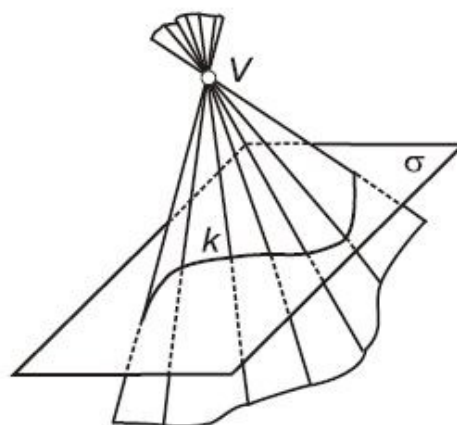
Rozvinutelné plochy tvoří pouze velmi malou podskupinu všech možných povrchů. Jejich studium bylo po celá staletí pouze okrajové. Až po objevu diferenciálního počtu v 17. století se usoudilo, že by jejich vlastnosti mohly být prozkoumány do větší hloubky. Původně byly za jediné rozvinutelné plochy považovány válce a kužely, dokud studium **L. Eulera** [2] a **G. Mongeho** [3, 4] v 18. století neukázalo, že do stejné skupiny patří i plocha tečen prostorové křivky. [1]

1.1 Typy rozvinutelných ploch

Rozvinutelnými plochami jsou tedy pouze následující plochy a jejich části: **rovina, válcové plochy, kuželové plochy a plochy tečen prostorových křivek.** [5]



Obr. 1 Zobrazení válcové plochy [2]



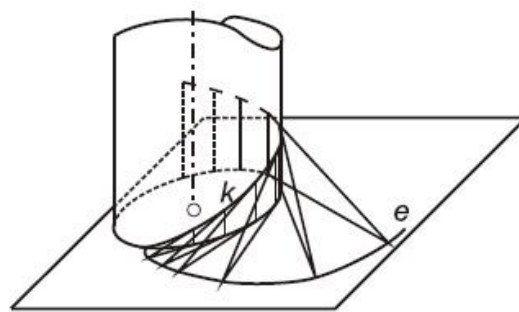
Obr. 2 Zobrazení kuželové plochy [2]

Válcová plocha (obr. 1) je určena rovinnou křivkou k ($k \subset \sigma$) a směrem s , který nenáleží dané rovině ($s \nparallel \sigma$), a je tvořena přímkami, které protínají křivku k a mají směr s . [5]

Kuželová plocha (obr. 2) je určena rovinnou křivkou k ($k \subset \sigma$) a bodem V , který neleží v rovině dané křivky ($V \notin \sigma$), a je tvořena přímkami, které protínají křivku k a procházejí bodem V . [5]



Obr. 3 Zobrazení plochy tečen prostorové křivky [5]



Obr. 4 Rozvinutelná šroubová plocha [5]

Plocha tečen prostorové křivky je určena prostorovou křivkou k a je tvořena jejími tečnami. Na obr. 3 jsou uvedeny dva příklady takové plochy. Příkladem plochy tečen je *rozvinutelná šroubová plocha*, která je tvořena tečnami šroubovice (obr. 4). Řezem této plochy rovinou kolmou k ose šroubového pohybu je **kruhá evolventa**, tj. křivka, která vzniká jako trajektorie bodu přímky odvalující se po kružnici. [5]

1.2 Metody komplanace

Komplanací neboli rozvinutím rozumíme zobrazení φ rozvinutelné plochy do roviny, které zachovávají délky a úhly. [5]

Metody pro rozvinování jsou: **normálový řez** pro obecné válcové plochy a **metoda triangulace** pro obecné kuželové plochy a plochy tečen prostorových křivek.

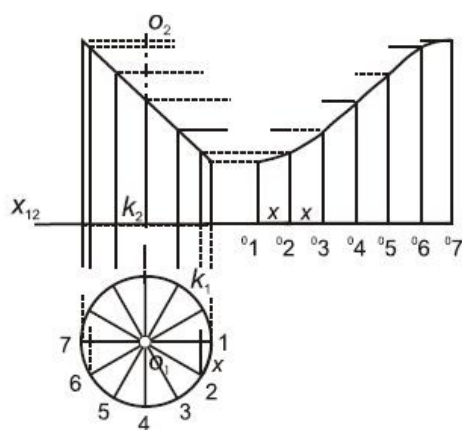
1.2.1 Metoda normálového řezu

Normálovým řezem válcové plochy rozumíme řez rovinou kolmou na povrchové přímky plochy. Takový řez se při rozvinutí zobrazí na přímku kolmou na obrazy površek. [5]

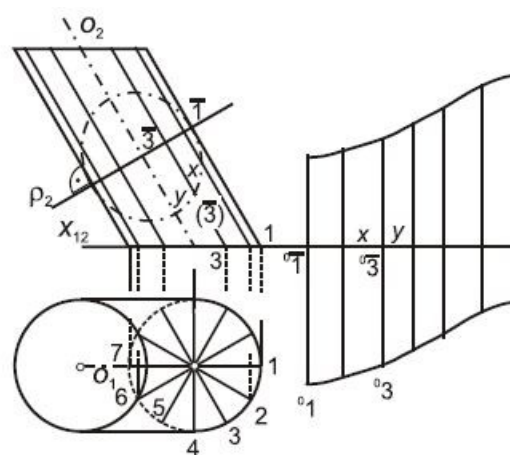
Při rozvinutí válcové plochy postupujeme takto:

1. Vedeme libovolnou rovinu ρ kolmou na povrchové přímky válcové plochy.
2. Určíme řez k dané válcové plochy rovinou ρ .
3. V rozvinutí se křivka k zobrazí do úsečky Ok . Délka obrazu se rovná délce vzoru, tj. délku úsečky Ok určíme pomocí rektifikace křivky k . [5]

Pokud chceme v rozvinutí zobrazit další křivku ležící na dané obecné válcové ploše, stačí na povrchové přímky vynášet úseky površky mezi normálovým řezem a danou křivkou. Normálovým řezem na rotační válcové ploše je např. její podstava. Oblouk šroubovice ležící na dané rotační válcové ploše se rozvine do úsečky. [5]



Obr. 5 Zobrazení rozvinu rotačního válce [5]



Obr. 6 Zobrazení rozvinu kruhového válce [5]

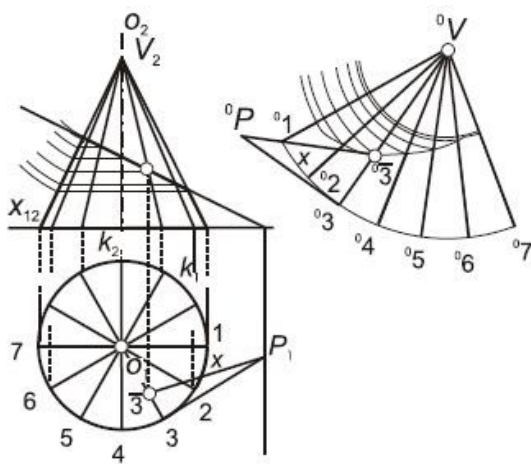
Na obr. 5 je provedeno rozvinutí poloviny pláště rotačního válce s řezem rovinou σ . Normálovým řezem je podstava k . Vzdálenost x površek v rozvinutí se rovná délce oblouku na podstavě. [5]

Na obr. 6 je provedeno rozvinutí poloviny pláště kruhového (kosého) válce. Rovina ρ normálového řezu je zobrazena v nárysu (volíme jednu z rovin kolmých na površky). Normálovým řezem je elipsa, jejíž hlavní poloosa se rovná poloměru kružnice podstavy. Normálový řez je vyznačen ve sklopení. Délky oblouků elipsy ve sklopení určují vzdálenosti jednotlivých površek v rozvinutí (např. délky x a y). V daném případě mají v rozvinutí všechny površky stejnou délku. Poměr, v němž dělí bod normálového řezu površku, zjistíme z nárysu, neboť površky jsou rovnoběžné s nárysnou. [5]

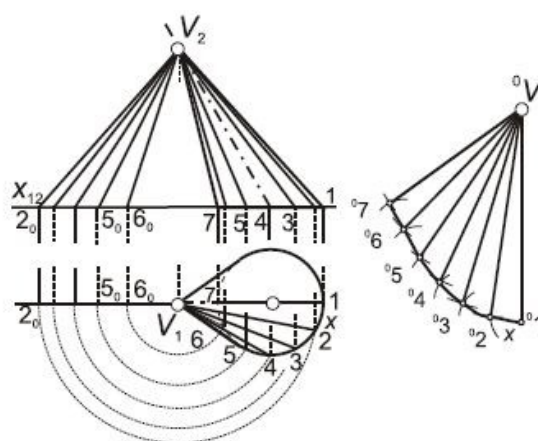
1.2.2 Metoda triangulace

Podstatou této metody je náhrada plochy mnohostěnem, který má trojúhelníkové stěny. V případě kuželových ploch volíme trojúhelníky tak, že mají vždy jeden vrchol ve vrcholu kuželové plochy. Pro rotační kuželovou plochu platí, že podstava k se rozvine do oblouku kružnice, jehož délka se musí rovnat obvodu kružnice k . Poloměr oblouku v rozvinutí se rovná délce úseku povrchu mezi vrcholem a podstavou. [5]

Na obr. 7 je zobrazeno rozvinutí části rotační kuželové plochy. Pro určení skutečných délek úseků povrchu plochy je využito rotace povrchu do roviny obrysové povrchu. [5]



Obr. 7 Zobrazení rozvinu části rotační kuželové plochy [5]



Obr. 8 Zobrazení rozvinu kruhové části kuželové plochy [5]

Na obr. 8 je zobrazeno rozvinutí části kruhové kuželové plochy. Použita je triangulace a celý postup spočívá v určování skutečných délek úseček (úseků povrchu plochy). K tomu je využito otáčení do polohy rovnoběžné s nárysou. Površky určené bodem 1, resp. 7, na podstavě se zobrazují v nárysu ve skutečné velikosti. [5]

1.2.3 Tečna křivky v rozvinutí

Obrazem tečny křivky na ploše je tečna křivky v rozvinutí. Vzhledem k tomu, že rozvinutí je zobrazení, které uchovává úhly, je možné určit tečnu křivky v rozvinutí pomocí určení úhlu povrchu a tečny křivky na ploše. [5]

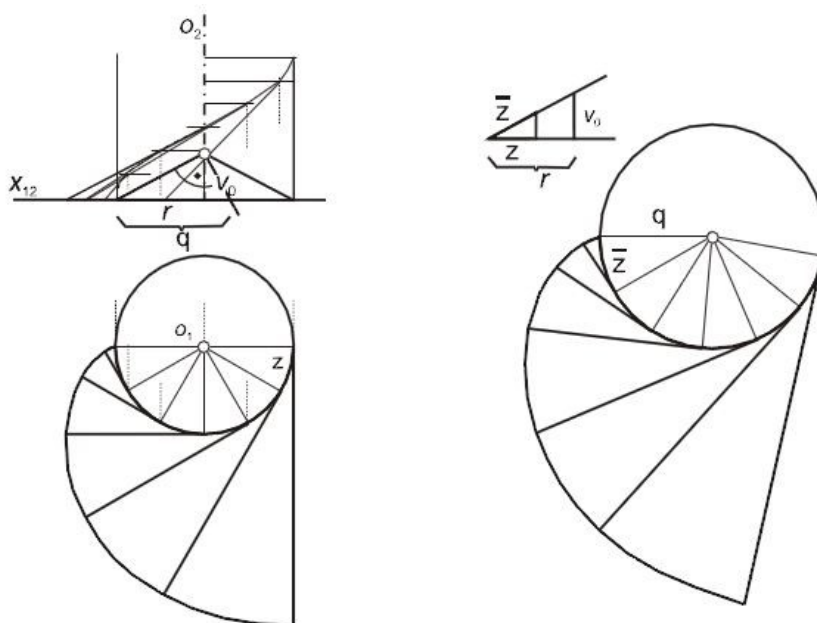
Na obr. 7 je zkonstruována tečna křivky řezu v rozvinutí. K určení úhlu tečny a površky je využito trojúhelníka $3P_1\bar{3}$, pro nějž je určena skutečná velikost pomocí skutečných délek jeho stran. Bod $\bar{3}$ je bodem řezu, bod 3 leží na podstavě a bod P_1 je průsečíkem tečny s podstavnou rovinou. Přímka $3P_1$ je tečnou podstavy. [5]

1.2.4 Rozvinutí rozvinutelné šroubové plochy

Rozvinutelnou šroubovou plochu lze rozvinout tak, že určíme obraz hrany vratu, tj. určující šroubovice. Platí, že šroubovice vratu se v rozvinutí zobrazí do kružnice, pro jejíž poloměr ρ platí

$$\rho = \frac{r^2 + v_0^2}{r}$$

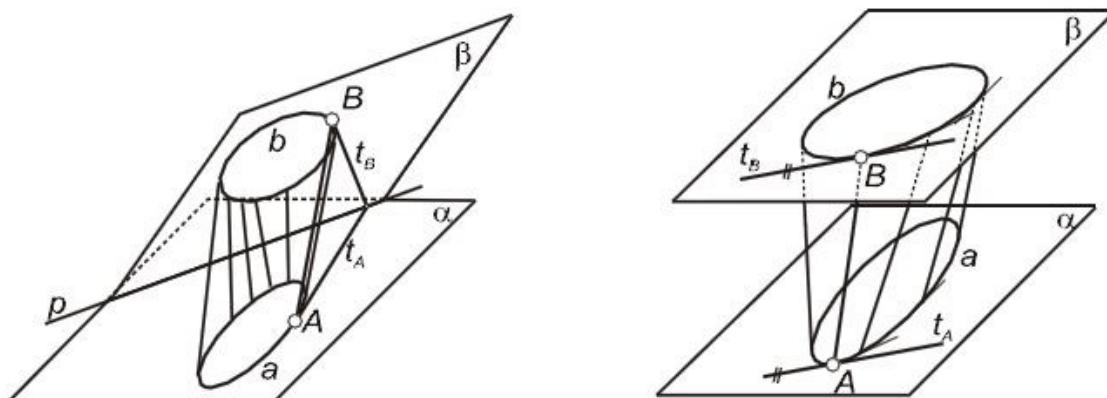
Na obr. 9 je zobrazeno rozvinutí části rozvinutelné šroubové plochy. Pro šroubovici vratu je určen poloměr ρ , který je poloměrem příslušného oblouku v rozvinutí. Obrazem kruhové evolventy, která je řezem dané plochy půdorysnou, je opět kruhová evolventa. Pro zobrazení daných površek v rozvinutí byla určena k otočení, které odpovídá oblouku ω , délka oblouku šroubovice $\bar{\omega}$. [5]



Obr. 9 Zobrazení rozvinu rozvinutelné šroubové plochy [5]

1.2.5 Rozvinutí přechodové rozvinutelné plochy

Uvažujme dvě rovinné křivky a a b ležící v rovinách α a β (obr. 10). V řadě technických aplikací vzniká požadavek na určení rozvinutelné plochy Ω , která obsahuje obě dané křivky ($a \subset \Omega$, $b \subset \Omega$). Plochu Ω nazýváme *přechodová plocha mezi danými křivkami*.



Obr. 10 Zobrazení přechodové rozvinutelné plochy [5]

Přechodová plocha je vždy buď plochou tečen prostorové křivky (zpravidla neznámé či neurčované), nebo ve výjimečných případech plochou válcovou nebo kuželovou. Rozvinutí přechodové plochy se provede zpravidla pomocí triangulace. [5]

1.3 Využití rozvinutelných ploch

Jak bylo řečeno, rozvinutelné plochy mají schopnost se rozvinout do roviny bez jakéhokoliv natažení či natržení. Díky těmto vlastnostem mají širokou škálu využití ve výrobě materiálů, které nepodléhají roztahování. Jsou tedy vhodné pro modelování povrchů, které mohou být vyrobeny z kůže, papíru, vláken a plechu. Rozvinutelné plochy tak nacházejí uplatnění například při výrobě automobilových karosérií, trupů letadel, lodí, ale i ve výrobě oděvů. Vlastností rozvinutelných povrchů také využívají některé z děl moderní architektury Hanse Holleina, Santiaga Calatrava a Franka O. Gehryho na obr. 11. [1]



Obr. 11 Jedno z děl Frank O. Gehryho; Guggenheim Museum Bilbao

2. NAVRHOVÁNÍ POMOCÍ POČÍTAČE

V dnešní době je již snad samozřejmostí, že k tvorbě a modelaci křivek, povrchů a objektů využíváme počítačovou grafiku, lépe řečeno speciální programy, které jsou pro modelování uzpůsobené. Počítačová grafika nachází uplatnění už řadu let u mnoho vývojářů, konstruktérů a technologů z nejrůznějších oborů při řešení úloh souvisejících s výrobním procesem.

Všeobecně známý pojem CAD (*Computer Aided Design*) – navrhování pomocí počítače nebo také počítačem podporované projektování – je využití počítačových programů pro tvorbu dvou nebo tří dimenzionálních (2D nebo 3D) grafických návrhů objektů. CAD je používán v počítačové animaci, ve filmech, reklamě a v jiných aplikacích, kde je samotný grafický design hotovým produktem. CAD má také veliké využití při vytváření návrhu fyzických produktů v široké škále odvětví, kde software provádí výpočty pro stanovení optimálního tvaru a velikosti různých produktů a aplikací průmyslového designu. Při projektování produktů a průmyslovém designu se CAD používá hlavně pro vytvoření detailních 3D pevných či povrchových modelů nebo 2D vektorových kreseb fyzických součástí. CAD se však také používá napříč celým inženýrským procesem od koncepčního návrhu a náčrtu produktů, přes silovou a dynamickou analýzu montážních jednotek, po definici výrobních metod. To umožňuje projektantovi interaktivně a automaticky analyzovat varianty designu, nalézt optimální design pro výrobu s minimalizací použití fyzických prototypů. [6]

2.1 Rozdělení CAD systémů

Pro lepší představu možností a využití CAD systémů je lze rozdělit do tří kategorií: malé, střední a velké, kdy hodnotíme dostupné kreslicí a modelovací nástroje, pořizovací cenu, podporu ze strany softwaru a podporu ze strany prodejce.

K zástupcům **malých systémů CAD** je možné zařadit takové systémy jako *AutoCAD LT*, *AutoCAD R10*, *DesignCAD*, *Drafix*, *Imaginner*, *TurboCAD Delux*, *JPCAD*, *OtherCAD*, *EasyCAD*, *OrCAD (elektronika)*. Jedná se o systémy, které podporují tvorbu dvojrozměrných objektů (modelů) a umožňují generování klasické výkresové dokumentace v menších konstrukčních kancelářích. Některé systémy poskytují možnost vytvoření jednoduché trojrozměrné konstrukce pomocí drátového modeláře. [7, 8]

CAD střední systémy mohou být zastoupeny programy *AutoCAD*, *Inventor*, *MicroStation*, *SolidEdge*, *SolidWorks*, *TurboCAD Professional*, *KeyCreator (CADKEY)*. Všechny tyto systémy obsahují trojrozměrné modelovací nástroje, včetně nástrojů vizualizačních. Jsou vhodné jak pro tvorbu výkresové dokumentace, tak pro vytváření podkladů pro marketingové oddělení v podobě trojrozměrných zobrazení hotového výrobku. Výhodou těchto systémů je jejich otevřenost, což umožňuje vytvářet speciální programy – nadstavby, podle požadavků konstruktérů. [7, 8]

Velké CAD systémy jsou plně trojrozměrné systémy, které pro vytvoření výkresové dokumentace vyžadují nejprve vytvořit trojrozměrný model, z kterého se následně vytvářejí sestavy nebo výkresová dokumentace. Velkými systémy mohou být například **CATIA**, *Pro/ENGINEER* a *Unigraphics NX*, *I-DEAS*, *Euclid*, *Autodesk Mechanical Desktop*. Výhodou těchto systémů je, že mají parametrické modeláře, což nám umožňuje neustálé provázání modelu s výkresem. Případné změny provedení v libovolné části se projeví jak ve výkrese, tak v modelu. Tyto systémy jsou otevřené a umožňují vytváření nadstaveb podle požadavků uživatele. [7, 8]

2.2 2D a 3D počítačová grafika

Jak již bylo řečeno, CAD programy slouží k navrhování dvojdimenzionálních 2D a trojdimenzionálních 3D objektů. Je tedy na místě vysvětlit, co znamenají pojmy 2D a 3D počítačová grafika a kterými základními objekty jsou charakteristické.

Zkratkou **2D** je míněn výraz „dvojdimenzionální“ - „dvourozměrný“. Je to označení pro prostor, který je možné popsat pomocí souřadnic osy x a y, tedy dvěma rozměry; předměty mají šířku a výšku. Naopak **3D** „trojdimenzionální“ - „trojrozměrný“ prostor má mimo šířky a výšky i hloubku. Popisuje se pomocí kartézského souřadnicového systému třemi osami x, y, z.

Za základní dvourozměrné objekty považujeme úsečky, lomené čáry, kružnice, elipsy, mnohoúhelníky, křivky a textové řetězce. Těmto objektům říkáme základní grafické prvky (*output primitives*) a jsou obsaženy v téměř všech programech pro kreslení v rovině. Základní prvky mohou mít liniový charakter (úsečky, křivky) nebo plošný charakter. Ve druhém případě se u nich rozlišuje obrys a vnitřek, který lze různými způsoby vyplňovat. Podle typu zobrazovacího zařízení jsou výsledkem algoritmů pro kresbu grafických prvků buď posloupnosti bodů (pixelů) nebo posloupnosti úseček. V prvním případě je tak **rastrový obraz**, v případě druhém **obraz vektorový**. [9]

Vektorová grafika vytváří propojení mezi body (úsečky, křivky) a vyplnění tvarů. Oproti rastrové grafice umožňuje vektorová grafika zmenšování či zvětšování obrázku bez ztráty kvality, lze tedy pracovat s každým objektem obrázku odděleně. Její nevýhodou bývá zpravidla složitější pořízení obrázku a náročnost na operační paměť a procesor. [9, 10]

Základem rastrové grafiky je pravidelná síť pixelů, organizovaná jako dvourozměrná matice bodů. Každý pixel nese specifické informace, například o jasu, barvě, průhlednosti bodu, nebo kombinaci těchto hodnot. Kvalita záznamu obrázku je ovlivněna hlavně rozlišením a barevnou hloubkou. Výhodou oproti vektorové grafice je snadné pořízení obrázku například pomocí digitálního fotoaparátu nebo skeneru. Nevýhodou jsou vysoké nároky na zdroj, zhoršení kvality při změně velikosti obrázku a omezená možnost zvětšování obrázku. Obecně lze říci, že vektorové formáty obsahují více informací než formáty rastrové. Z tohoto důvodu je převod kresby z vektorového formátu do formátu rastrového (rasterizace) řádově jednodušší úlohou než převod

z formátu rastrového do formátu vektorového (vektORIZACE). Dnes se často kombinují obě tyto grafiky, i když stále převládá rastrová grafika. [9, 10]

3D grafika stejně tak jako vektorová 2D grafika pracuje se souřadnicemi bodů a informacemi o úsečkách, křivkách a plochách, ale na rozdíl od 2D grafiky jsou data uložena ve trojrozměrném souřadnicovém systému. Z těchto trojrozměrných dat reprezentujících tělesa je potom referován 2D obrázek. Použitím různých technik můžeme ve 3D grafice vytvářet velmi realistické obrazy. Pomocí věrné simulace světelných a optických jevů lze vytvářet stíny, odrazy a lomy světla. Pokročilé vývojové nástroje umožňují i realistické animace včetně pohybů oděvu, vlasů, vodní hladiny a simulace fyzikálních jevů jako je gravitace a odrazy. [9, 11]

2.3 Geometrické modelování

2.3.1 Modelování křivek a ploch

Vstup dat představuje jeden z velkých problémů počítačové vědy. Známe v zásadě pouze dvě cesty, jak lze data do počítače vložit. První způsob je generování dat přímo počítačem, druhý pak fyzické vkládání dat za pomoci nějakého vstupního zařízení. [8]

Pro většinu operací s objekty v počítači je nutné jejich exaktní vymezení. Objekty v počítačové grafice jsou obvykle množiny bodů, které jsou omezeny plochami, případně v rovině křivkami. Důležité je tedy zjednodušení vstupu právě křivek a ploch. Křivky a plochy jsou totiž nejlépe reprezentovány funkcemi a funkce je problematické zadávat. Uživatel by při zadávání funkce ve složitém tvaru neměl představu o jejím tvaru. Proto se hledají metody, jež by umožnili co nejjednodušeji zadat nějakou křivku, či plochu a to, pokud možno, tak, aby byl dopředu odhadnutelný její tvar. Pak stačí zadat jen několik řídicích bodů a matematický aparát křivku vytvoří sám. [8]

Mezi nejznámější autory metod matematických modelů křivek a ploch můžeme zařadit **J. C. Fergusona** (fa Boeing), který zadával křivky a plochy pomocí okrajových podmínek (zadával polohy bodu a tečny v krajním bodu). **S. A. Conns** (Univerzita M.I.T) později zobecnil Fergusonovy křivky a plochy a zavedl tzv. *spline* (spline se bez problémů spojují). **P. Bézier** (fa Renault) zavedl aproximační plochy zadávané sítí bodů

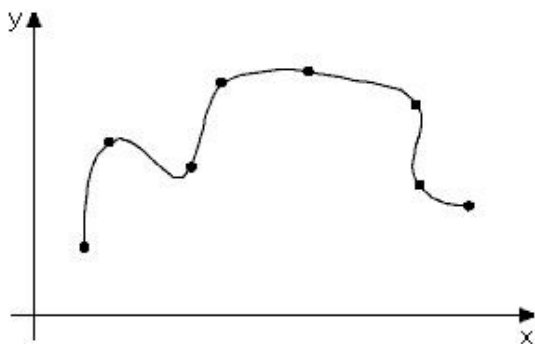
(sít' bodů je velmi snadno intuitivně ovladatelná). **B. A. Barsky** zobecnil *B-spliny* a zavedl *beta-spline*, které umožňují pomocí dvou intuitivních parametrů kontrolovat tvar křivky nebo plochy. Největším přelomem bylo používání racionálních Bezierových křivek a ploch s neuniformní parametrizací, tzv. NURBS. Tyto metody umožňují generovat klasické geometrické prvky, jako jsou koule, válec, kuželošedky, za pomoci metod aproximace. [8, 12]

CAD systémy využívají křivky např. pro modelování povrchů těles s využitím hladkých ploch nebo jsou použity jako obrysy při modelování trojrozměrných těles pomocí hraničního modelování. Křivky se také uplatňují při animaci, kde se používají pro definování trajektorie pohybu objektů. Další uplatnění mají v textových editorech v podobě definice fontů. [8]

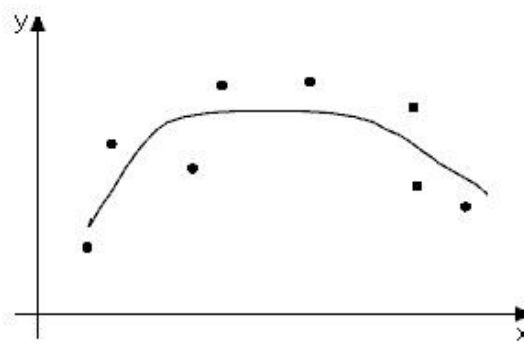
Pro práci s křivkami je nutné znát jejich základní chování.

Matematická reprezentace rovinné křivky je možná třemi způsoby: **explicitně** (funkcí: $y = f(x)$), **implicitně** ($F(x,y) = 0$) a **parametricky** (vektorově: $x = x(t)$; $y = y(t)$; $z = z(t)$, parametr t je zadán v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$). V počítačové grafice se však nejčastěji využívá parametrických křivek. [8]

CAD systémy používají dva typy křivek: **interpolační** a **aproximační**. Interpolační křivky jsou křivky, které procházejí danými řídicími body (obr. 12), jejich příkladem jsou TCB křivky (animace) nebo Fergusonovy kubiky. Na rozdíl od aproximačních křivek, jak můžeme vidět na obr. 13, nemusí procházet zadanými body, ale pouze „kopírují“ tvar lomené čáry určené řídicími body, tato lomená čára se nazývá řídicím polygonem (mnohouhelníkem) aproximační křivky. Příkladem aproximačních křivek jsou Bezierovy křivky, Baierovy kubiky, Coonsovy kubiky, *spline* křivky, NURBS. [8, 12]



Obr. 12 Zobrazení interpolační křivky [9]



Obr. 13 Zobrazení aproximační křivky [9]

Mluvíme-li o křivkách, musíme si uvědomit, že můžeme vytvářet i plochy, a to stejným způsobem: interpolací a aproximací. Interpolační plochy jsou dány body nebo křivkami, které plocha musí obsahovat. Zato aproximační plochy jsou dány sítí řídicích bodů, jež plocha nemusí obsahovat, plocha pouze sleduje tvar mnohostěnu vzniklého z řídicí sítě. Umožňují tak interaktivní práci konstruktéra, okamžitou změnu návrhu plochy. [8, 12]

Body, kterými je křivka nebo plocha definována jsou označovány jako uzly nebo uzlové body. Například program AutoCAD dokáže proložit uzly křivkou typu *spline* nebo aproximační křivkou. Použití aproximační křivky je možné v případě kreslení rozvinutých plášťů rotačních ploch, použití *spline* spadá do oblasti volné tvorby designu. [8, 12]

2.3.2 Modelování objektů

Pro popis modelů není stanovena jednotná metoda, není to ani možné. Na objekty jsou kladeny velmi rozličné a někdy i protichůdné požadavky. Popis tělesa by měl být jednoduchý, aby bylo možné těleso snadno a rychle vymodelovat a upravovat. Z hlediska grafického programu musí popis tělesa obsahovat množství údajů, pro konkrétní výpočty týkající se například statických nebo dynamických vlastností navrhovaných výrobků. [13]

Při tvorbě objektů nás zajímá popis tělesa (způsob definice) a jeho reprezentace (zápis sloužící pro výpočty).

2.3.3 Reprezentace těles

V současné době se v trojrozměrné grafice a souvisejících oborech nejčastěji používá **hraniční reprezentace** (B-rep, boundary representation). Těleso je popsáno jako mnohostěn zcela určený svými hranicemi (stěnami, hranami a vrcholy). Téměř všechny počítačové modely, které se používají v počítačových hrách a filmech, jsou hraniční modely. [13, 14, 15]

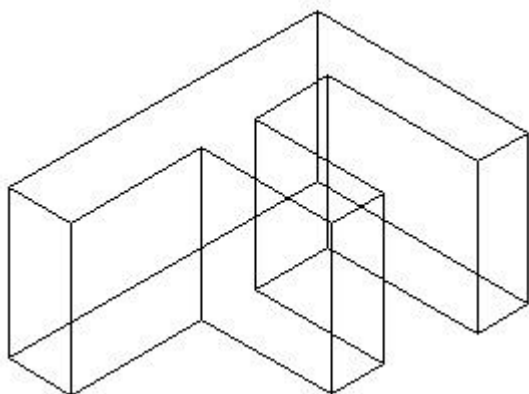
Existují dva nejčastější způsoby vymezení hranice tělesa. V **ploškové** (polygonální) reprezentaci jsou oblé plochy tělesa aproximovány elementárními rovinnými ploškami, nejčastěji trojúhelníky. **Analitická** reprezentace popisuje těleso matematickou funkcí. [13, 14, 15]

Ke hraniční reprezentaci patří tyto způsoby popisu modelu:

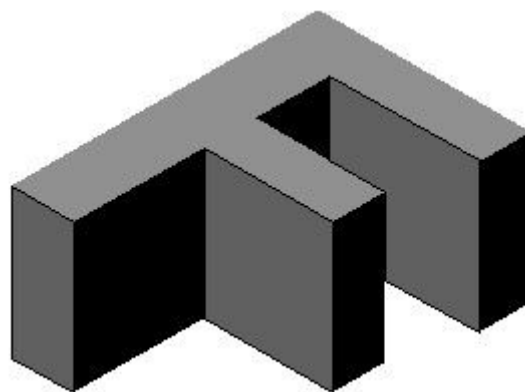
Drátový model (wire-frame model) na obr. 14 se skládá z bodů, přímek a křivek. Model je však pro praktické využití až příliš zjednodušený, neboť chybí údaje o stěnách mezi křivkami a i o prostoru (objemu) ohraničeného stěnami. Průmět drátěného modelu může mít více významů. Pokud u modelu vynecháme některé hrany, dostaneme nesmyslný (nonsense) model. Poslední nevýhodou je značné množství dat, která jsou nutná pro úplný popis objektu. [13, 14, 15]

Plošný model (surface model) je tvořen body (vrcholy), hranami a stěnami, jakousi mozaikou matematických ploch. Plošné modely nám umožní konstrukci plochy. Postup konstruování je totožný jako u drátových modelů, tj. tvorba vrcholů, hran a nakonec definice ploch. U tohoto modelu však chybí informace o objemu (prostoru uvnitř objektu), hmotových vlastností jako je moment setrvačnosti, poloha těžiště atd.

[13, 14, 15]



Obr. 14 Zobrazení drátového modelu [16]



Obr. 15 Zobrazení objemového modelu [16]

Objemový model (solid model) na obr. 15 má dostupné všechny typické informace o objemu. Jako jsou např. hmotnost, těžiště, momenty setrvačnosti atd. Umožňuje provádět spojování těles, jejich průnik či rozdíl, je možné provádět řezy těles rovinou či jinými plochami apod. Velkou předností objemového modelu je názorná vizualizace či animace trojrozměrné scény přímo na obrazovce počítače, včetně

simulace vjemu různých typů povrchů, typů osvětlení včetně realistických stínů. [13, 14, 15]

Nejčastější popisy objemových těles jsou pomocí B-reprezentace (B-rep, boundary representation), jež reprezentuje plochy jako plošnou síť „mesh“, a s níž můžeme popisovat plochy např. soch či modelů. [14]

3. ROZVINOVÁNÍ POVRCHU OBJEKTU POMOCÍ CAD

Konstrukce rozvinutelných povrchů je důležitým předmětem výzkumu v oblasti CAD/CAM. V současné době nám CAD/CAM systémy umožňují v zásadě dva způsoby rozvinování povrchů. Jednak můžeme rozvinutelnou plochu vyjádřit jako vektor plochy v Euklidovském prostoru nebo pak na základě dvojího zastoupení, ve smyslu projektní geometrie. [17]

3.1 Průzkum CAD metod rozvinování ve 3D oděvním designu

Na základě důležité myšlenky duality mezi rovinou a bodovou geometrií v 3D prostoru, představuje práce **M. Zhoua, J. Yanga, H. Zhenga a W. Songa** [17] dvě explicitní metody rozvinutí povrchů pomocí počítačem podporovaného navrhování. Rozvinutelné plochy jsou zde navrženy řídicími rovinami C-Bézierových bazových funkcí. Tvar funkce rozvinutelné plochy lze nastavit pomocí regulačních parametrů. Ač parametr nabývá různých hodnot, může být vytvořena rozvinutelná plocha, která si ponechává vlastnosti Bézierových ploch. Tato práce také popisuje vlastnosti navržených rozvinutelných ploch a předkládá geometrické konstrukce algoritmů. Techniky geometrického návrhu rozvinutelných ploch v této studii mají všechny charakteristiky stávajících přístupů k tvorbě křivek, ale zároveň jdou za hranice tradičních přístupů při navrhování rozvinutelné plochy a řeší problémy, které se často vyskytují ve strojírenství při nastavení polohy a tvaru rozvinutelné plochy. [17]

V oblasti designu je dobře známý problém s rozvinutím 3D povrchu s dvojitým zakřivením. Způsob tvorby rozvinu (stříhu) obecného 3D povrchu závisí na jeho tvaru a typu materiálu. Z tohoto důvodu se odvozování rozvinu liší a záleží, zda-li jsou při tvorbě rozvinu použity vnější síly nebo zda-li je materiál možné roztáhnout a deformovat. Z tohoto důvodu je odlišné odvození rozvinu např. křídla letadla od rozvinu trupu lodě, bot z kůže nebo výrobků z tkanin. S ohledem na tyto faktory se hledají alternativní metody a techniky pro rozvin 3D povrchů s cílem nalézt ten nejvhodnější pro každý konkrétní případ. [18]

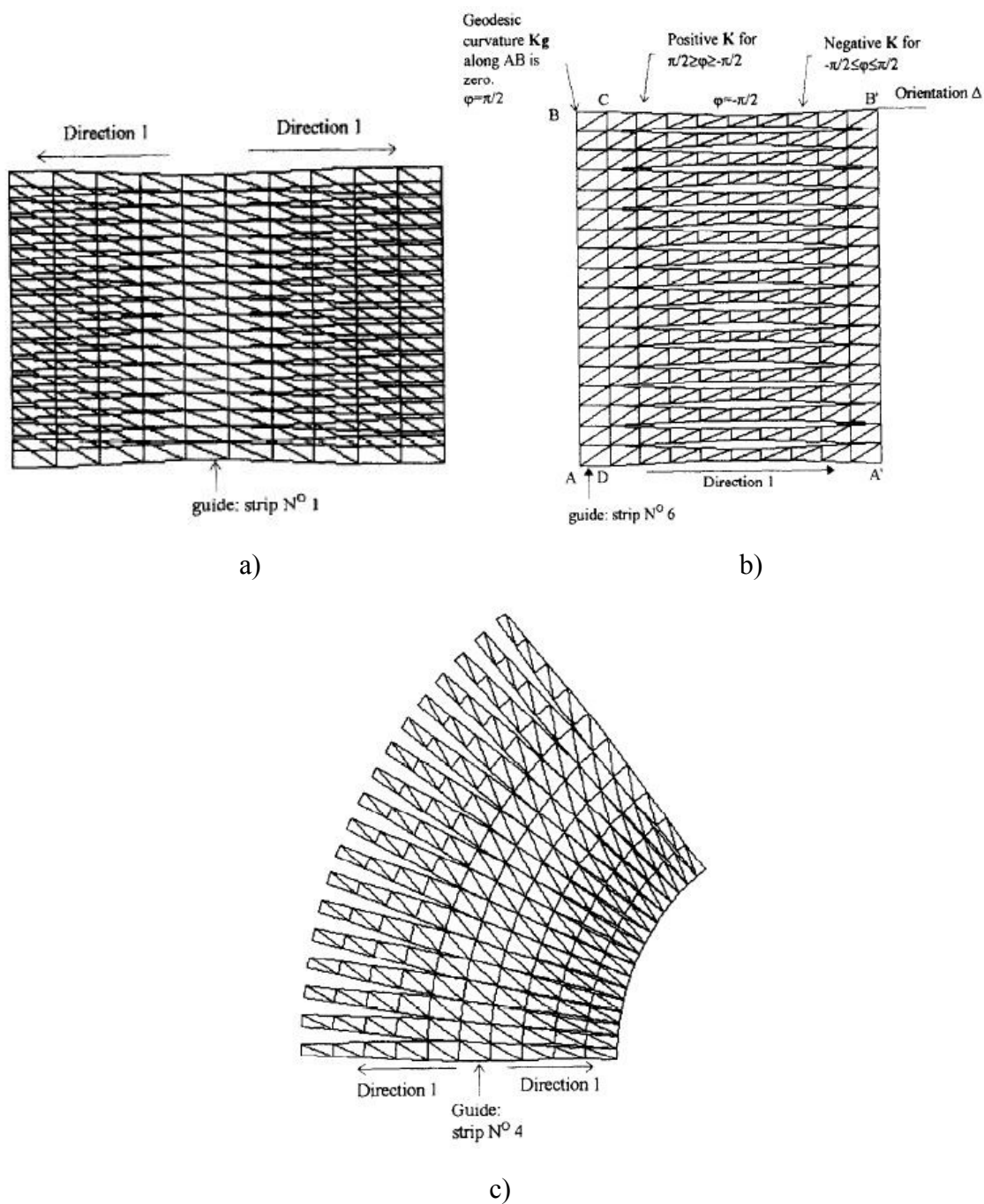
B. K. Hinds a kolektiv [19] se zabývali generováním rozvinu povrchu s jednoduchou geometrií z hlediska Gaussova zakřivení, s důrazem na uplatnění jejich metod v oděvním průmyslu. Právě proto zavedli algoritmus pro odvození radiálního

stříhu, u kterého nedochází k nežádoucímu překrývání částí. **T. Shimada** a **U. Tada** [20, 21] navrhli metodu založenou na předpokladu, že povrch má určitou míru pružnosti, takže konečný rozvin, (který nemá žádné mezery nebo místa, jež se překrývají), může být definován tak, aby odpovídal 3D povrchu. Tento předpoklad neplatí v případě vlákného materiálu, kde nemůžeme při výrobě vrstvených (kompozitních) materiálů počítat s jeho elasticitou. [18]

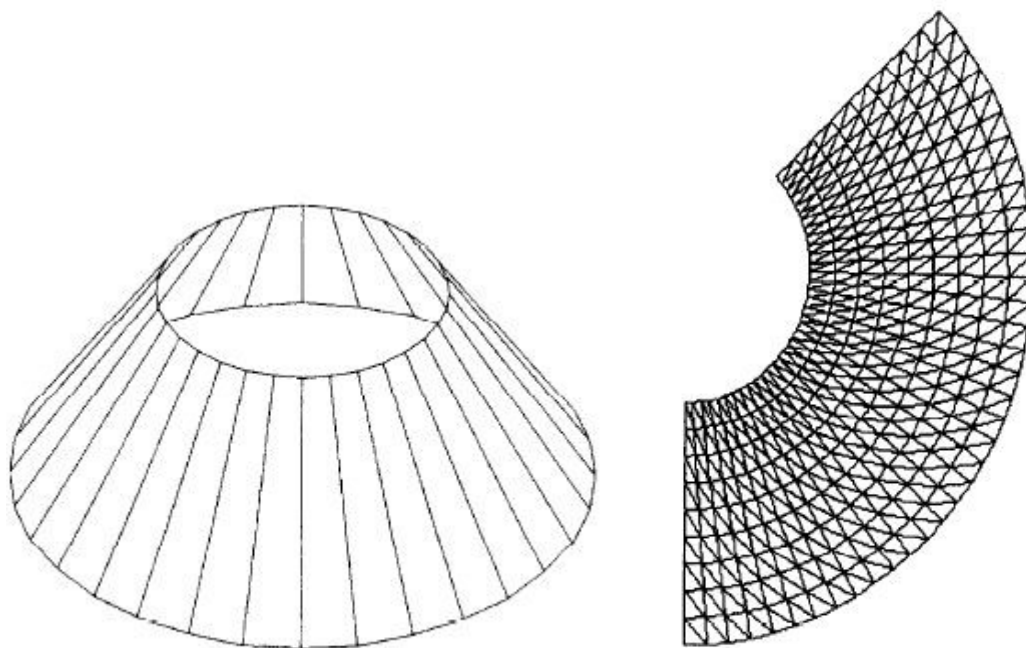
V poslední době se objevila další technika, která je založena na aproximaci [22] plochy volného tvaru na rozvinutelnou plochu a pak rozvinutí těchto rozvinutelných plochy do roviny. Bylo to otestováno na modelu zhotoveného montáží plechových dílů rozvinutelných ploch, kdy byly jednotlivé díly vráceny zpět na místo v Euklidovském prostoru. Podobná aproximace je popsána u **P. Sundarse** a **R. Varada** [23], kde se získalo komplexní potrubí pomocí několika rozvinutelných tvarů. To znamená, že lze přesný 3D povrch získat skládáním těchto 2D tvarů podél určitých linií tzv. rozrolováním nebo generováním. Závěrem lze konstatovat, že konstrukce rozvinu (stříhu) obecné trojrozměrné plochy je složitý úkol, a proto je třeba vzít v úvahu faktory, které mají vliv na jeho přesnost. Kromě toho je nezbytné v dalších šetřeních zavést zobecněné metody, které se budou zabývat problematikou generování stříhu se snížením mezer a přesahů mezi jednotlivými díly, a díky tomu vylepší celý stříh a odstraní veškeré nedostatky. [18]

Studie **P. Azariadise** a **N. Aspragathose** [18] se zabývá návrhem přibližného rozvinu dvojnásobně zakřivených ploch a vylepšením jejich konečného rozkladu do roviny se snahou o co nejmenší počet mezer a překrývajících se míst. Problém se vzniklými otvory je zde rozdělen do tří fází; fáze definování vodící linie, fáze návržení počátečního stříhu a fáze jeho upřesnění. V první fázi je objekt zkoumán geometrickými prostředky s cílem definovat trojúhelník nebo pás, který bude sloužit pro provedení procesu rozvinutí. Zavedený způsob řešení první fáze tohoto problému je založen na odvození "nejlepšího" izomorfního stříhu, který může být generován z 3D povrchu (obr. 16). Ve druhé fázi dochází k rozvinu 3D objektu do roviny pomocí aproximace sítě trojúhelníků (obr. 17). Rozvíjení začíná z pásu a ve směru definované v předchozí fázi. Kromě toho má tento způsob rozvinutí výhodu oproti běžné a široce používané metodě, čímž se sníží výpočetní čas. Konečně ve třetí fázi metody je počáteční rozvin vyhlazen, pokud je to nutné, aby se odstranily mezery a přesahy vytvořené odvíjením algoritmu. Z tohoto důvodu jsou navrženy dvě metody, první bere v úvahu geometrii

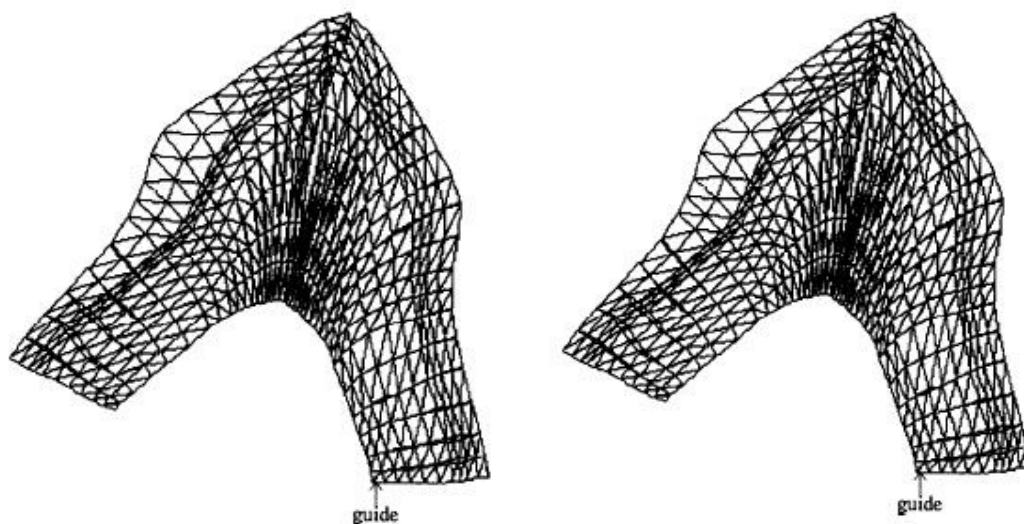
zploštělé části na obr. 18 a druhá je založena na zobecněném inverzním přístupu na obr. 19. Použití těchto metod je prokázáno u 3D modelu boty na obr. 20. [18]



Obr. 16 Příklady isomorfního rozvinutí odvozením stejných 3D povrchů. Rozviny zobrazují: a) pouze překrývání, b) pouze mezery, c) mezery i překrývání [18]

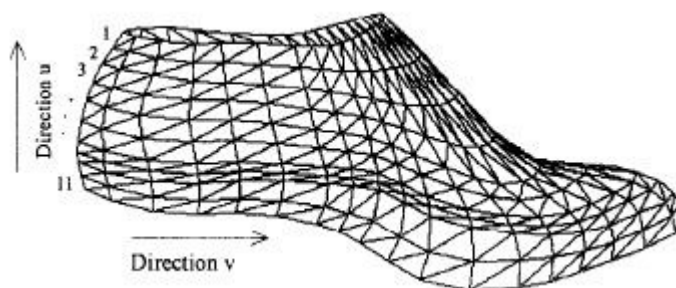


Obr. 17 Zobrazení rozvinutí komolého kužele pomocí metody aproximace sítě trojúhelníků [18]



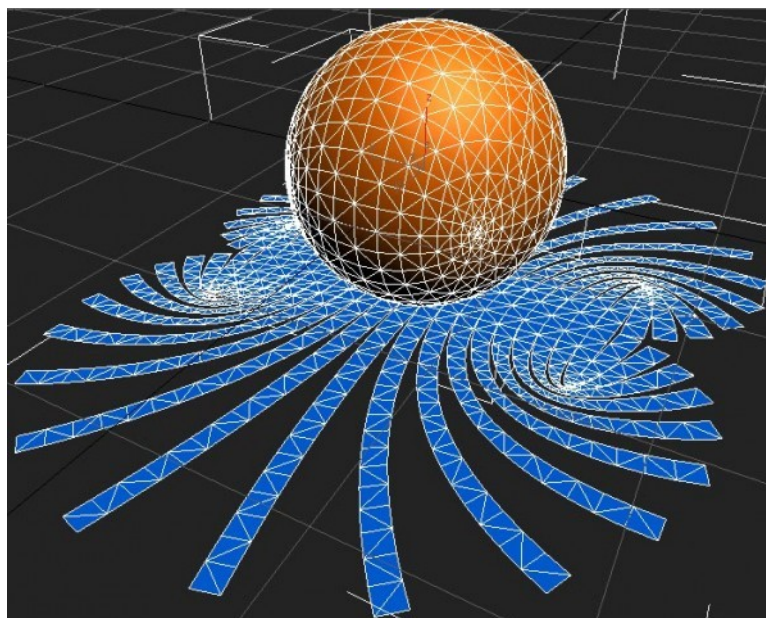
Obr. 18 Zobrazení rozvinu boty metodou zploštělé geometrie [18]

Obr. 19 Zobrazení rozvinu boty metodou zobecnění inverzního přístupu [18]



Obr. 20 Zobrazení boty pokryté sítí trojúhelníků [18]

Někdy může být kontinuální rozvinutí velmi obtížný úkol. Některé povrchy můžeme tak pokládat za nerozvinutelné (příkladem nerozvinutelné plochy je koule, protože její zakřivení je neustále nenulové). Právě tyto metody rozvinutí (aproximace) nám rozvinutí „nerozvinutelných“ ploch umožní. [18]



Obr. 21 Zobrazení rozvinutí koule pomocí metody aproximace sítě trojúhelníků [24]

4. ROZVINOVÁNÍ POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA

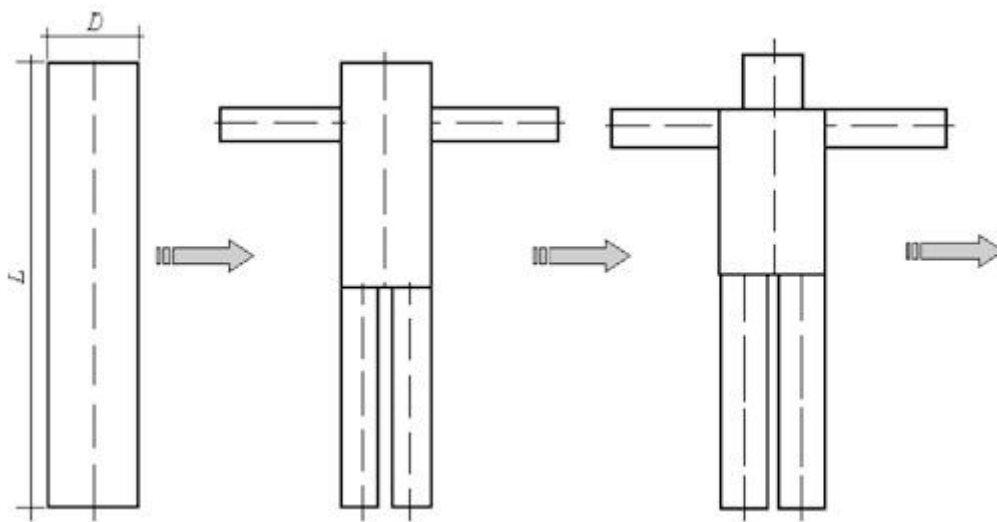
Povrch těla nás zajímá zejména v medicíně, kde slouží k přesnému stanovení dávek léčiv, a to hlavně u pacientů jako jsou kojenci nebo malé děti. Měření povrchové plochy těla je také důležité pro léčbu popálenin a pro související protetické ošetření a případné plastické operace. Objem těla je důležitý u nutričních poradců pro stanovení diagnózy a následné léčby poruch výživy – anorexie, obezity.

Využití rozvinutého povrchu lidského těla bychom také mohly hledat v antropologii při odhadu hmotnosti segmentů lidského těla a také v oděvní výrobě, která musí dobře znát povrch těla, neboť jejím úkolem je pokrýt jej správně odpovídajícím tvarem oděvu.

4.1 Povrch lidského těla - teoretický přístup

Lidské tělo, stejně jako tělo většiny savců a dalších zvířat, může být chápáno tak, že je tvořeno určitým počtem válcových objektů. [25, 26, 27, 28, 29]

Článek [30] se zabývá korelací povrchu lidského těla s přímým měřením tělesné hmotnosti a délky. Tato studie vychází z předpokladu, že vnější tvar lidského těla je výsledkem konvexní a konkávní deformace základního válce (obr. 22). Můžeme tedy odvodit teoretickou rovnici minimalizace povrchu těla (BSA, body surface area) v daném objemu (V): $BSA = (9\pi VL)^{0,5}$, kde L je referenční délka těla. Za předpokladu, že hustota těla je $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, rovnice bude $BSA = (BMBH/35,37)^{0,5}$, kde BSA je v metrech čtverečních, BM je tělesná hmotnost v kilogramech a BH je tělesná výška v metrech. BSA hodnoty vypočtené pomocí této rovnice spadají do $\pm 7\%$ hodnot získaných prostřednictvím rovnic dostupných v literatuře, v rozsahu od BSA dětí až po BSA dospělých. Z výše uvedené rovnice, která se získá tak, že minimalizujeme vnější povrch těla daného objemu, docházíme k závěru, že zásadní vztah je stanoven geometrickým omezením, jimiž se řídí růst a vývoj lidského těla. [30]



Obr. 22 Zobrazení původního válec a aproximovných válcových tvarů lidského těla [30]

4.2 Matematický model povrchu lidského těla

Povrch těla je široce používaný v experimentální medicíně a klinické praxi. Zjišťuje se výpočtem podle několika empirických vzorců. Přesnost těchto odhadů je nejistá, výsledky se od sebe navzájem mohou výrazně lišit. Cílem **Yu. R. Sheikh-Zadeho** a **P. A. Galenko-Yaroshevskioho** [31] bylo najít optimální strategii pro řešení tohoto problému. [31]

Úvaha je založena na geometrickém pravidlu, že plocha povrchu těla (S) může být odvozena z objemu těla podle rovnice: $S = k \times V^{2/3}$, kde k je koeficient závislý z tvaru těla. Tato rovnice však počítá se subjektem (referenčním modelem) s parametry (V_0 , S_0 , k_0 , H_0 - výška), proto platí pouze pro lidi se stejnými tvary a její použití je velmi omezené. Studie se tedy zabývá výpočtem koeficientu k pro odlišné tvary lidských těl (jeho sražení $k < k_0$ či protažení $k > k_0$ na rozdíl od referenčního modelu). [31]

Dále se studie zabývá odvozením vzorce pro výpočet povrchu lidského těla zvlášť pro muže: $S_n = H_n^{0,461} \times M_n^{0,513} \times 190,766$ (S_n = plocha, H_n = výška, M_n = hmotnost) a pro ženy: ($S_n = H_n^{0,461} \times M_n^{0,513} \times 192,036$), vycházejícím z objemu rovnoběžnostěnu. Uvádí též vzorec bez ohledu na pohlaví: $S_n = H_n^{0,461} \times M_n^{0,513} \times 191,563$. Všechny tyto vzorce lze zjednodušit, ale musíme počítat se vzniklou relativní chybou. [31]

Avšak rovnice $S_n = S_o (H_n / H_o)^d (V_n / V_o)^{2/3 - d/3}$, kde S_n , H_n , V_n jsou parametry nového rovnoběžnostěnu, a d je individuální index referenčního rovnoběžnostěnu, může být považována za univerzální model povrchu lidského těla, který je použitelný na nekonečný počet tvarových variant jako referenční model. [31]

4.3 Odhad povrchu a hmotnosti lidského těla pro účely aplikace

4.3.1 Stanovení tělesného povrchu

Hodnoty tělesného povrchu (BSA) se běžně používají v medicíně, zejména pro výpočet dávky cytostatik a index srdeční činnosti. V průběhu let byly vyvinuty různé vzorce pro výpočet tělesného povrchu (BSA). Nejrozšířenější je rovnice od **D. DuBoise** a **E. F. DuBoise** [32], ačkoliv je odvozený pouze z měření 9 osob. V nedávné době **R. D. Mosteller** [33] vytvořil jednoduchý vzorec, $[\text{váha (kg)} \times \text{výška (cm)} / 3600]^{1/2}$, který by mohl být snadno zapamatovatelný a jednoduchý pro výpočet, ale jeho spolehlivost a přesnost není zcela potvrzena. Účelem studie [34] bylo prozkoumat BSA na základě Mostellerova vzorce u dospělých lidí s normální hmotností, s nadváhou a s obezitou. V porovnání s dalšími odvozenými empirickými vzorci [32, 35, 36] a s novými třídímními vzorci [37] bylo testováno 1868 pacientů, mužů i žen, různých věkových kategorií. Z výsledků je zřejmé, že výsledné hodnoty BSA pacientů s nadváhou a obezitou dosahovali vyšších hodnot u vzorců Mostellera než u DuBois – DuBois. Díky korelaci výsledků mezi oběma vzorci můžeme dokázat, že vzorec pro tělesný povrch od DuBois – DuBois podceňuje BSA u obézních pacientů až o 3% u mužů a o 5% u žen. Ačkoliv je Mostellerův vzorec velmi jednoduchý, vyžaduje velmi přesné naskenování celé postavy. [34]

4.3.2 Odhad hmotnosti lidského těla

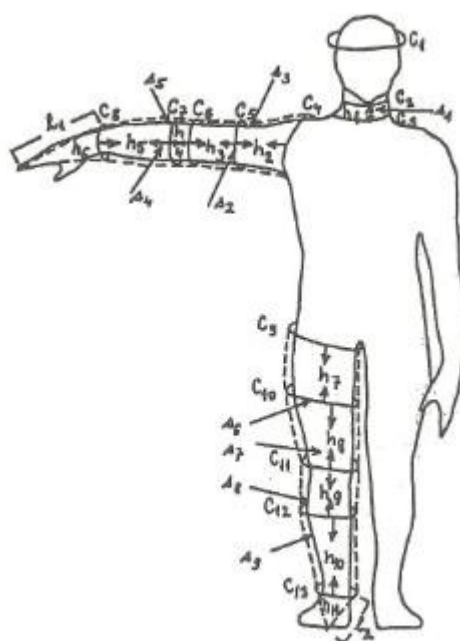
M. Ulbrichová ve svém příspěvku [38] představuje metodu ATOHS pro odhad hmotnosti segmentů lidského těla, která vychází z předpokladu, že hmotnost je funkcí objemu a denzity $H = Vol \cdot D$

Pro odhad objemu segmentů (Vol) jsou segmenty považovány za pravidelná geometrická tělesa. Vstupními hodnotami pro výpočet Vol jsou antropometricky

zjištěné rozměry. Pro zpřesnění jsou některé segmenty děleny na dílčí úseky tak, aby se jejich tvar více přiblížil tvaru geometrického tělesa. [38]

Při odhadu denzity segmentů (D) se vychází z výsledků korelační analýzy vztahu mezi výsledky imerzní, rentgenografické a antropometrické techniky, která ukázala na významnou shodu těchto tří postupů stanovení objemové tukové, svalové a kostní tkáně. [38]

Tělo je rozděleno do 15 segmentů, přičemž paže, předloktí, stehno a lýtko se dělí ještě na proximální a distální část (obr. 23). Popis hranic segmentů je v tomto případě pomocí symbolů uvedených na obrázku.



Obr. 23 Zobrazení rozdělení segmentů těla pro výpočet hmotnosti metodou ATOHS [38]

Výpočet objemu jednotlivých segmentů a jejich částí byl proveden pomocí modifikovaných vzorců pro objem koule (hlava), kolmého kužele (objem krku, proximálních i distálních částí nadloktí, předloktí, stehna i lýtko) a klínu (pro objem ruky a nohy). [38]

Srovnání výsledků odhadu hmotnosti těla pomocí různých metod ukázalo, že ATOHS nejvíce respektuje individuální variabilitu distribuce hmoty těla. [38]

4.4 Rozvinování povrchu lidského těla pro účely oděvní výroby

Až do počátku 20. století byla většina oděvů zhotovená krejčím ručně a přímo na míru zákazníka. Technologický rozvoj a požadavky na rychlou a levnou výrobu odsunuly ručně šité oděvy na vedlejší kolej. Od roku 1920 se začalo uvažovat o snadné tvorbě střihů pro lidi různých velikostí. Vznikly tak velikostní sortimenty, které umožnily rychlou a levnější konfekční výrobu. Byly tak k dispozici výrobky označené „ready-to-wear“ - připravené k nošení, publikované v katalogích a časopisech. Staly se finančně dostupnými pro velkou část obyvatelstva. Při tvorbě střihů se postupně upustilo od tvorby střihové dokumentace ručním způsobem a přešlo se k tvorbě střihů pomocí počítače. [39]

V 21. století je zaznamenán návrat ke zhotovení oděvu přímo na míru průmyslovým způsobem. To vedlo k zavedení metody „made-to-measure“ (MTM) – vyrobeno na míru. [39]

V dnešní době hraje počítačem podporované návrhářství v módním průmyslu důležitou roli v procesu urychlení vývoje výrobku a zkrácení doby jeho uvedení na trh. Výzkum oděvů v rámci 3D CAD systémů v posledních dvou desetiletích dosáhl velkého rozmachu, k čemuž přispěl velký rozvoj počítačové grafiky. Tyto 3D CAD aplikace nám umožňují komplexní módní návrhářství: od procesu návrhů až po samotný prodej v obchodě (tvorbu a vizualizace kolekce v 2D, prezentaci módních přehlídek).

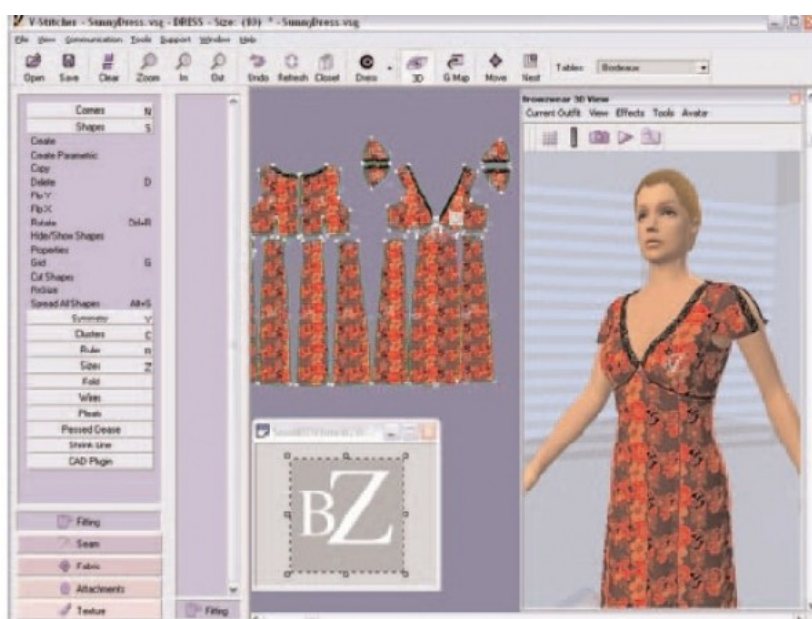
Tyto aplikace lze rozdělit zhruba do dvou kategorií: **1)** postup tvorby oděvu ze 2D střihu do 3D modelu oděvu a **2)** postup tvorby střihu z 3D objektu (lidského těla) do 2D střihu oděvu. [40]

4.4.1 Postup tvorby oděvu ze 2D střihu do 3D modelu oděvu

Při tvorbě oděvu jsou 2D střihy vytvářeny ručně pomocí počítače a následně spojovány skrze virtuální proces šití tak, že vznikne realistická simulace oděvu na postavě. Kvalita obrazu výsledného modelu podléhá vývoji 2D a 3D softwarů a možnostem jejich výstupů od návrhu modelu a jejich projekce až po virtuální vyobrazení na postavě s možností hodnocení konečného padnutí na postavě. [40]

Mezi využívané světoznámé programy patří **V-Stitcher** (fa Browzwear) v kombinaci s CAD systémem **AccuMark** na obr. 24, **Modelaris 3D Fit** (fa Lectra), **3D Runway** (fa Optitex), **Grafis** (fa Software Dr. K. Friedrich) a další. Díky vývoji

počítačové grafiky má přestupu 2D do 3D jednu z výhod a to, že můžeme simulovat chování textilií (splývavosti) přímo na postavě (jak ve statickém postoji, tak při pohybu). Tyto simulace jsou neustále ve vývoji a je snaha zlepšovat jak simulaci textilií, tak její vzhled. Dále můžeme sledovat virtuální realistickou simulaci padnutí oděvů. Avšak nedávná studie zjistila, že některé oděvy nevhodné k nošení se ve virtuální simulaci staly oděvy nositelnými, a tak se nemůže na tuto simulaci zcela spolehnout. 2D do 3D řešení může být užitečným nástrojem pro posouzení vizuálních efektů oděvních výrobků online, nikoliv však pro vývoji oděvního výrobku, u kterého je nezbytný předpoklad správnosti a přesnosti. [40, 41]



Obr. 24 Ukázka virtuální simulace padnutí oděvu v programu V-Stitcher [42]

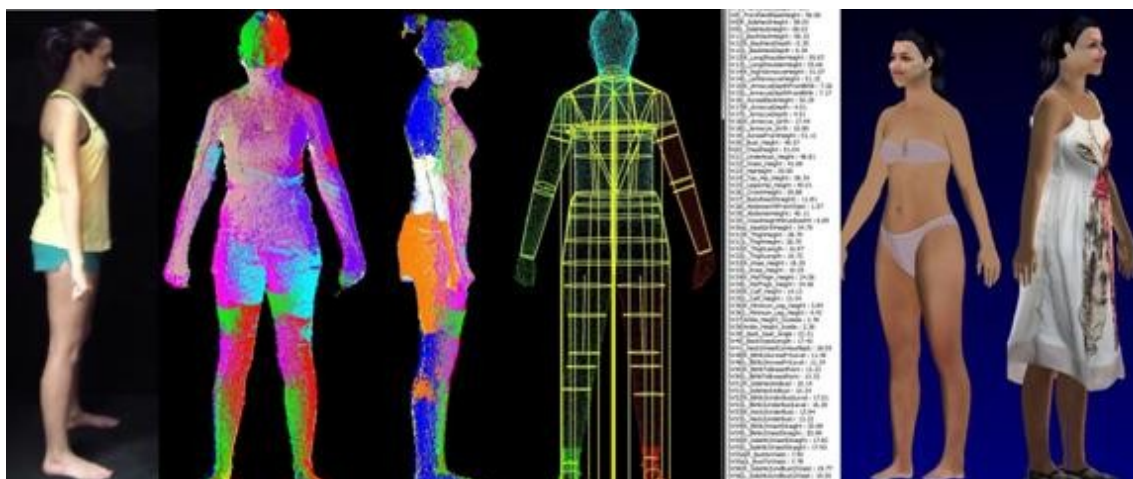
4.4.2 Proces tvorby střihu ze 3D objektu (lidského těla) do 2D střihu oděvu

Přístup 3D do 2D představuje postup, při němž jsou oděvy nejprve modelovány jako 3D objekty a teprve pak se z nich vytvoří rozvinutím 2D střihy. Modelování měkkých objektů ve 3D, kterým je např. právě oděv je velmi náročné téma, které v uplynulém desetiletí přitahuje značnou pozornost výzkumníků. **E. Terequin** s kolektivem [43] vyvinul náčrt metody založené na vytvoření 3D oděvu pro virtuální postavy. **P. Decaudin** a kolektiv [44] modelovali 3D virtuální oděvy jako přímkové plochy, které mohou být rozvinuty do 2D střihů. **C. C. L. Wang** [45] vytvořil funkci založenou interakcí uživatele s 3D virtuálním oblečením. [40, 41]

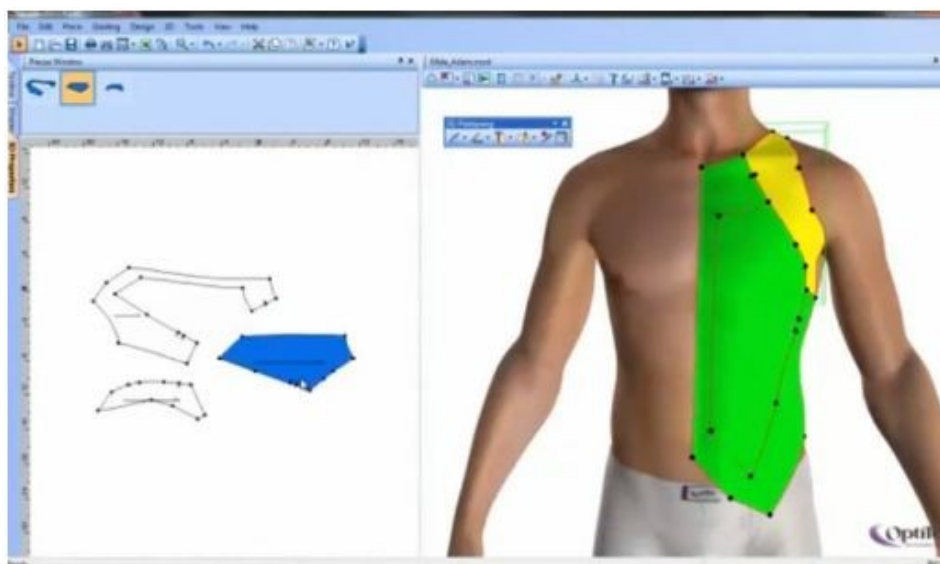
Získání 3D modelu lidského těla nám umožní 3D technologie skenování. Můžeme tak člověka snadno digitalizovat a dále s ním pracovat ve 3D prostředí. Návrháři tak mají možnost tvořit přímo na postavě ve 3D virtuálním prostoru, ale mohou vytvořit pouze jednoduché střihy. Složitější vícevrstvé modely, např. s drobnými nažehlenými záhyby, nelze ve 3D přesně modelovat. Kromě toho tyto softwary vyžadují rozsáhlé znalosti 3D modelování povrchů, které by designér či konstruktér střihů musel ovládat. [40]

Tvorba střihu je v tomto přístupu odlišná od klasické tvorby, kterou známe z praxe v textilním průmyslu, kde můžeme složitější střihy vytvořit modelací z původních. Na druhé straně proces 3D do 2D nám umožňuje rozvinutí jednotlivých částí oděvu a zjištění jejich přesných tvarů. Jelikož po rozvinutí zjistíme, že rozvinuté díly mají nepravidelné tvary a odlišují se tak od základních střihů vyrobených klasickou metodou konstruování, kdy dochází k jejich deformaci, kompresi a napětí. Tyto nepravidelné tvary nesplňují požadavky textilních materiálů (není brán zřetel na materiálové složení) a zhoršují tak výrobu, a tudíž je snaha upravovat jejich tvary už jen proto, aby byly estetické a dobře k sobě pasovaly. [40]

Programy, které se zabývají problematikou tvorby z 3D modelu jsou **[TC]²** (obr. 25), **Exact Flat** nebo také **OptiTex** (obr. 26). Tyto programy nám umožňují „kreslit“ požadované střihy přímo na postavu a následně jednotlivé díly rozvinout. [40, 41]



Obr. 25 Postup tvorby oděvu: od naskenování k hotovému výrobku pomocí zařízení [TC]²[46]



Obr. 26 Ukázka programu OptiTex: kreslení stříhu přímo na postavu (vlevo) a jejich následné rozložení na díly (vpravo) [47]

Další snahou je odstranit přebytečné množství švů a rozložit je tak správně, aby se minimalizovalo napětí materiálů (dílů). Nyní již existují metody, které jsou schopny generovat záševky a švy, ale toto využití není vhodné pro oděvy (např. **Design Concept 3D 2D** a **Lectra**). Je důležité si uvědomit, že v oděvním průmyslu velice záleží na způsobu stříhu materiálu, což spolu s volbou umístění záševků a švů určuje vzhled a padnutí oděvu. Švy by měly kopírovat tvar lidského těla a linie dílů by měly esteticky navazovat. [48]

4.4.3 Konstrukce střihů na základě fotografie zákazníka

Nizozemská konstruktérka střihů a analytička **Joosje Hamonenová** v roce 2012 vyvinula program, pomocí kterého je možné brát míru z fotografií zákazníka, převést je na profily osob a použít je přímo při konstrukci střihů. Na tomto postupu je zajímavé, že změny profilu se promítají přímo do střihu. Což umožňuje interaktivní přístup, který otevírá při sestavování střihů nové možnosti intuitivně tvůrčího postupu. Vychází se z postavy konkrétního člověka, která se co nejpřesněji změří a z toho se pak zkonstruuje střih. [49]

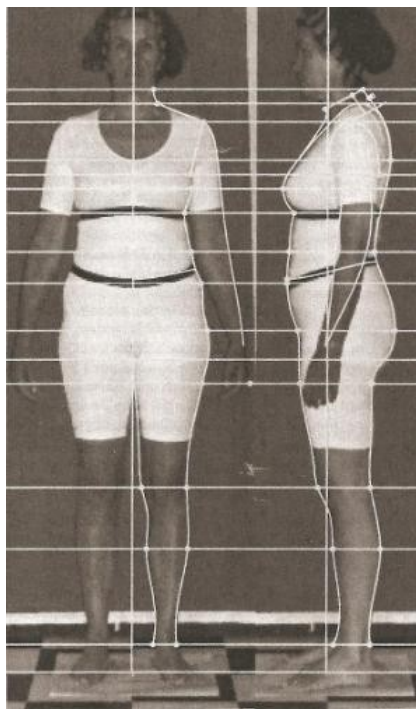
Tradičně se měří ručně pomocí krejčovského metru. Další možnost nabízí skener těla, který se nyní používá při výrobě konfekce. V krejčovských salonech se používá jen zřídka. Třetí, málo známou metodou, je braní míry z digitálních fotografií. [49]

S braním míry a sestavováním střihů podle fotografie se experimentovalo už v šedesátých letech, ale bez velkého úspěchu. Tehdy ještě nebyly takové technické možnosti. Dnes je to jiné: digitální kamery – a to i kompakty s jednoduchou obsluhou – mají rozlišení, „dostatek pixelů“, které stačí na zvětšení motivů v měřítku 1:1. Tedy detailní obraz osoby ve skutečné velikosti. Do střihů se přímo interaktivně zanáší míry a postoj. [49]

Cílem Joosje Hamonenové, jak uvádí v článku [49], je vyvinout metodu konstrukce střihů na PC na základě konstrukčního programu **Grafis**, ve kterém jsou profily třírozměrné postavy přímo interaktivně propojené s konstrukcí střihu. Znamená to, že změny v profilu jsou ihned přímo převedeny do střihu. Tak je splněn základní požadavek na konstrukci střihů na PC: WYSWYG – what you see is what you get („co vidíme je to, co získáme“). [49]

A. První krok – pořízení fotografií

Postava člověka je dostatečně charakterizována dvěma snímky, jedním zepředu a druhým ze strany (profilu). Jak je vidět na obr. 27 udělají se tedy nejméně dva snímky.



Obr. 27 Zobrazení vyfocené postavy zepředu a ze strany [49]

Předpokladem je, že fotoaparát musí mít rozlišení minimálně 7 megapixelů – většina dnešních kompaktních aparátů má už více. Vzdálenost mezi objektem a fotoaparátem by měla být 3 až 4 metry a fotoaparát by měl být umístěný ve výši pupíku zobrazované osoby, aby se později dalo lépe spočítat perspektivní zkreslení stojící osoby na referenční podložce, jejíž rozměry známe. Stačí, když je to například arch papíru velikosti A3. Osoba by měla být kontrastní k podlaze i pozadí (ne bíle oblečená na bílém pozadí). Oblečení by mělo být přiléhavé a měla by být dobře vidět šíje. Stativ při snímkování pomůže, není ale nezbytně nutný. [49]

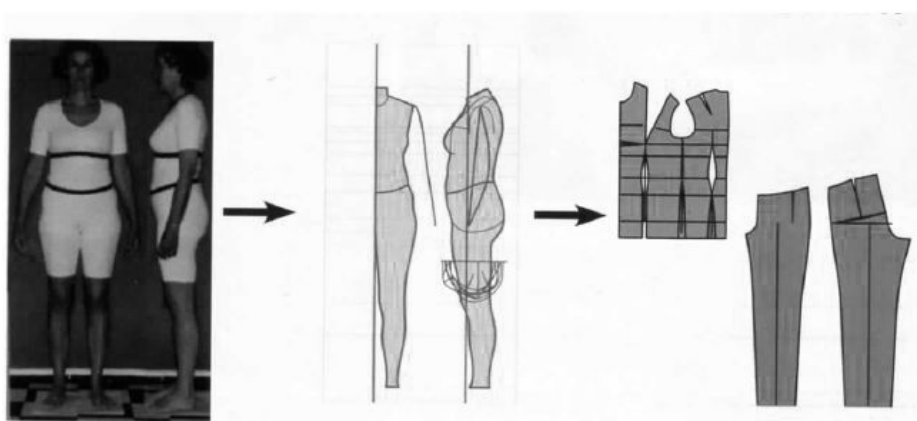
Měřená osoba (zákazník nebo zákaznice) stojí uvolněně uprostřed referenční podložky. Ruce přirozeně svěšené, mírně oddálené od nohou, aby byl dobře vidět obrys těla. Pokud ruka při focení z boku překrývá linii pasu, je možné udělat ještě jednu fotku se založenýma rukama. Pro zvětšení fotografie v měřítku 1:1 bez zkreslení byl vyvinut speciální program s jednoduchou obsluhou. Okraje referenční plochy se jednoduše obtáhnou, zadají se pouze její rozměry a výška fotografované osoby. Všechno ostatní

pokračuje automaticky. Program spočítá vzdálenost fotoaparátu a výšku jeho umístění nad zemí a zkoriguje perspektivní zkreslení a zkreslení, které vznikne, není-li fotoaparát umístěn přesně svisle. [49]

B. Druhý krok - analýza fotografií

Poté profilové fotografie vložíme jako pozadí do Grafisu, v něm je interaktivní rastr, na kterém se fotografie zobrazí (jako žluté čáry). Měřící body se odebírají podle potřeby buď z pohledu zepředu, jako například nejvyšší bod ramene či náramenice, nebo ze strany, například výška pasu, šířka zad a boků (sed). Jak je známo, Grafis zaznamenává do protokolu všechny kroky počítačového návrhu (obr 28). Umožňuje znovu projít vše, co od tohoto kroku následuje, například i s profilem jiného zákazníka. Profil jednoho zákazníka lze nahradit profilem jiného zákazníka (nebo nějakým základním profilem, vycházejícím z tabulek velikostí). [49]

Z těchto dvou profilů (pohled zepředu a z boku) lze odebrat celou řadu měr, například výškové míry a vyrovnávací míry jako např. délka zad k nejvyššímu bodu na rameni nebo vzdálenost prsou od nejvyššího bodu ramene. [49]

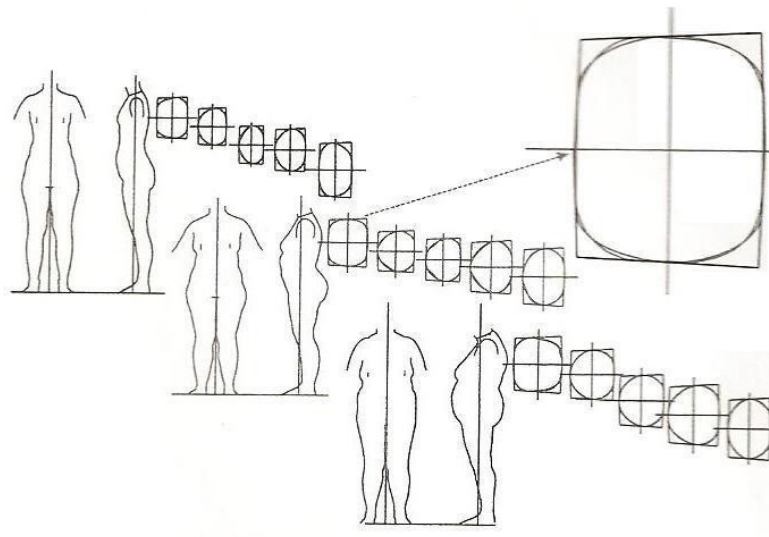


Obr. 28 Znáznornění jednotlivých kroků programu Grafis: od fotografie zákazníka přes naměřené míry ke střihu [49]

C. Třetí krok - výpočet obvodů

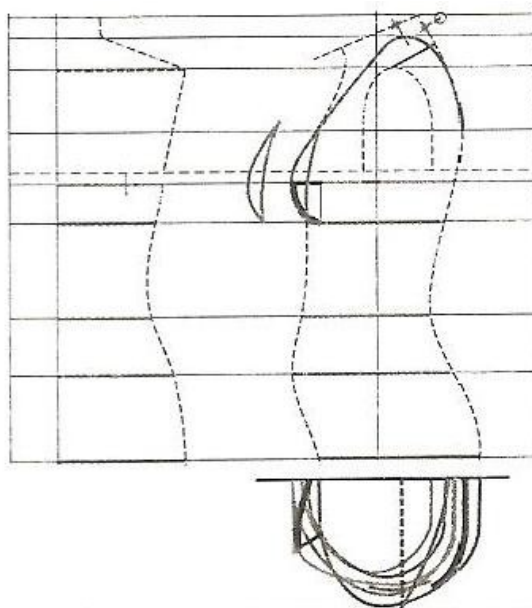
Jak ale získáme obvodové míry? Z profilů můžeme určit čtyři body na obvodu: střed vepředu, střed vzadu a šířka z boku. Vše, co vidí kamera. K analýze tvarů obvodů jsou vytvořeny řady řezů ze skenů standardních postav. Joosej Hamonenová zjistila, jak se v Grafisu budou zobrazovat řezy získané fotografií. Rámeček (ohraničující černý

lichoběžník na obrázku 29) není pravoúhlý, ale trochu zkosený, kvůli perspektivnímu zkreslení, jež je dané postavením fotoaparátu. Body, ve kterých se rámeček dotýká obvodové křivky, jsou pro obvodovou křivku charakteristické a byly spočítány pomocí statistických analýz z různých velikostí. [49]



Obr. 29 Zobrazení získaných příčných řezů z fotografie postavy [49]

Obr. 30 ukazuje, jak se z profilů konstruuje obvodové křivky: známe rámeček a styčné body, pod profilem z boku jsou zakreslené všechny obvodové míry zdola nahoru, které jsou na profilu vidět. Šikvnou konstrukcí je možné odvodit mnohem více informací, jako například velikost košíčku, šířku zad, průměr pramku atd. [49]



Obr. 30 Zobrazení obvodových křivek získaných z fotografie zákazníka [49]

Postoj zákazníka (boční profil, zakřivení zad) se zobrazí, když se obvodové míry zobrazí přes sebe. Tak lze například určit vztah mezi boky a pasem, prohnutí v bedrech apod. [49]

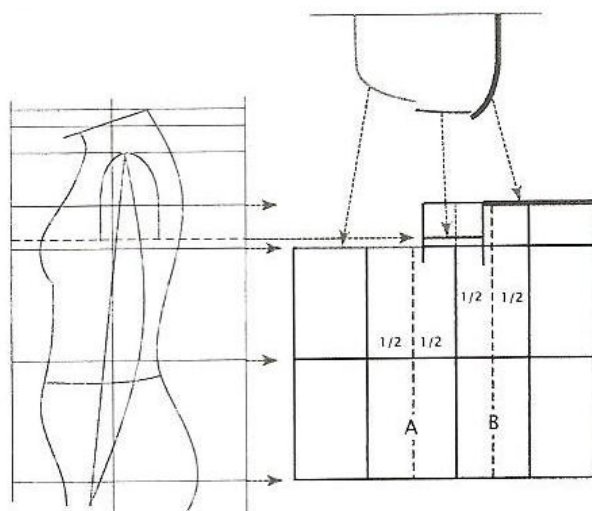
D. Čtvrtý krok - konstrukce střihů

Novou metodu konstrukce střihů vysvětluje Joosej Hamonenová na příkladu konstrukce kalhot a horní části oděvu. Kvůli zjednodušení je zde vynechán obvod pod prsy a obvod sníženého pasu (horní obvod boků), ale pracuje se s nimi stejně jako např. s obvodem pasu. V konstrukci není nic přidáno, přídavky ale mohou být zadány obvyklým způsobem. Konstrukce střihů vychází ze systému Grafis. Jak již bylo zmíněno výše, každý zásah, který byl proveden na profilu, může být znovu vyvolán a použit i na profilu jiného zákazníka. [49]

E. Konstrukce horních částí oděvu

Základem konstrukce jsou svislé a vodorovné základní (kotevní) linie a/nebo základní (kotevní) body. Vodorovné míry je možné odečíst přímo z profilů. Svislé míry jsou přední a zadní délka mezi pasovými záševky vepředu, vzadu a v bočním švu. Při konstruování v Grafisu je vidět profil přímo vedle střihu. [49]

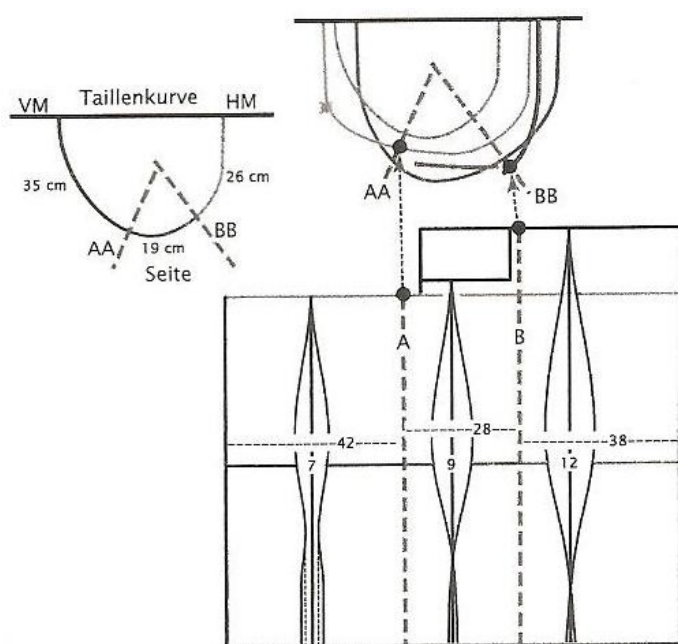
Kvůli šetření místem jsou na obrázcích jen nezbytné profily. Dále se zakreslí jak vysoko je šíře zad, prsou, ramen, pasu a boků. Z křivek řezů se převezmou šířky nejširších částí těla: prsa k přední linii ruky, šířka průramku a šíře zad. Dále se zanesou záševky v pase, délka zad a boční šev, základní svislé míry mezi linií záševků a bočním švem (A) a mezi záševky na zadním dílu a bočním švem (B). Těmito základními liniemi je celková šířka rozdělená do tří částí: na obrázku 31, čáry A a B.



Obr. 31 Rozdělení celkové šířky profilu do tří částí pomocí linií A a B [49]

Obvodové křivky zobrazené na profilu se rozdělí tak, jak základní linie rozdělují střih (obr. 32), čehož se dosáhne tím, že se virtuálně „postaví“ vedle obvodových křivek naskládaných přes sebe a vedeme řez po liniích AA a BB. [49]

Z výsečí můžeme spočítat obvod pasu nebo obvod boků. Na příkladu pasu: od zadního středu k základní linii BB 26 cm, řez mezi zadním středem a základní linií B je 38 cm, záševek je tedy hluboký 12 cm. U bočního švu: křivka pasu mezi základními liniemi AA a BB 19 cm, řez mezi oběma liniemi je 28 cm, na záševky 9 cm. Přední křivka obvodu pasu mezi středem vepředu a základní linií AA je 35 cm. Řez mezi středem vepředu a základní linií A je 42 cm. Záševek je tedy 7 cm. [49]



Obr. 32 Rozdělení obvodových křivek podle rozdělených částí profilu [49]

Joosej Hamonenová ve svém článku *Vom Kundenfoto zur Schnitterstellung* dále pokračuje vysvětlením tvorby konstrukce předního a zadního dílu kalhot a tvarování průramku a průkrčníku. Vše provádí obdobnou metodou, jak tomu bylo u horního dílu, tzn. přenesením a úpravou linií a bodů z nafocených profilů.

F. Od fotografie ke střihu: nové možnosti

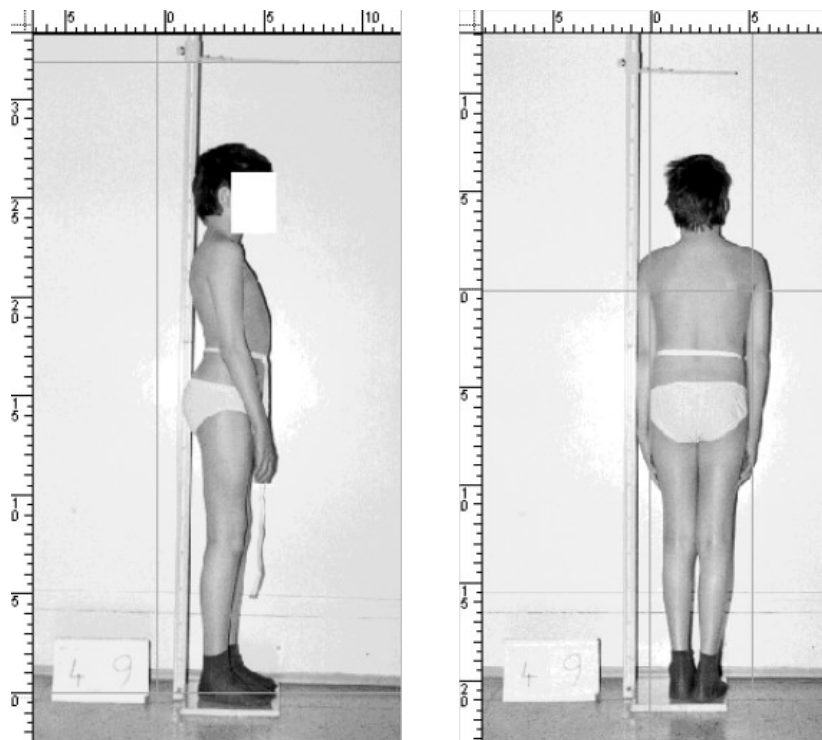
Kreslení střihů podle fotografií otevírá nové možnosti pro braní měř a konstrukci střihů. Míru je možné brát „bezdotykově“, dokonce nemusí být člověk ani přítomen. Podle výše uvedeného návodu si může zákazník pořídit fotografie sám nebo si je může nechat udělat. [49]

Další výhoda: Držení těla se promítne přímo do střihu. Díky profilu zobrazenému vedle střihu je možné se lépe orientovat a věnovat se detailům.

Jak bylo už výše zmíněno, byla tato metoda konstrukce střihů vyvinuta pomocí CAD aplikace Grafis. Nabízí se jako dodatekový modul ke Grafisu a obsahuje program pro zpracování fotografií, interaktivní profil pro odvozování měř a upravené základní střihy pro horní část těla, prádla, kalhot a sukní. [49]

4.4.4 Snímání tělesných rozměrů z fotografie

Bezkontaktním snímáním tělesných rozměrů přímo z pořízené fotografie člověka se také v roce 2000 zabývala ve své bakalářské práci **R. Stejskalová** [50]. Porovnávala celkem 30 postav stojících na podložce čelem k bílé stěně a bokem ke svislé tyči, antropometru, která sloužila jako prostředek pro výpočet měřítka. Snímání postav prováděla ze dvou úhlů, pohledem zezadu a zboku, v přesně určené vzdálenosti 3,5m. Vlastní měření zvolených tělesných rozměrů prováděla prostřednictvím panelu nástrojů programu Adobe Photoshop (obr. 33). Hodnoty tělesných rozměrů byly získány odečtením ze stupnice ve zvoleném programu v bodech s následným přepočtem na hodnoty skutečné pomocí funkcí programu Excel. [50]

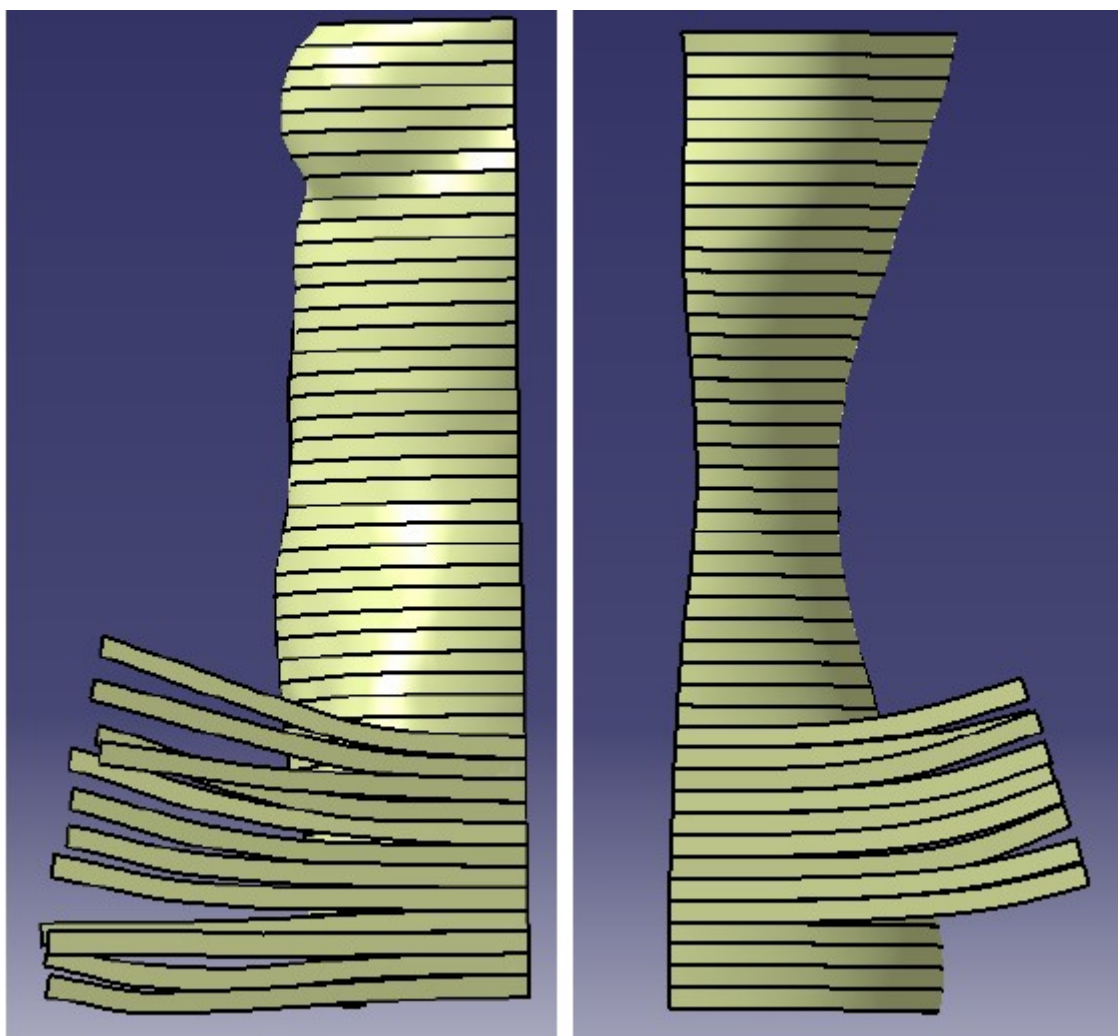


Obr. 33 Měření tělesných rozměrů na pořízených fotografiích probanda zboku a zezadu v programu Adobe Photoshop pomocí vodících linií

Stejskalová se dále zabývá zjištěním obvodových rozměrů za pomoci metody výpočtu elipsy. Vychází z předpokladu podobnosti průřezu lidského těla s elipsou. Obvodové tělesné rozměry, které byly zvoleny k porovnání výpočtové a kontaktní metody, jsou obvod hlavy, obvod kořene krku, obvod hrudníku a obvod pasu. Z výsledků měření je zřejmé, že obvody vypočítané přímo z fotografie jsou o něco menší než obvody přeměřené kontaktní metodou. Např. obvod hrudníku vypočítaný z fotografie je průměrně o 1,57 cm menší než obvod hrudníku měřený kontaktní metodou. [50]

4.4.5 Rozvinování povrchu lidského těla proužkovou metodou

K. Žáková [51] zaměřila svou bakalářskou práci v roce 2008 na rozvinutí povrchu lidského těla pomocí 3D CAD programu CATIA. V práci se věnuje myšlence jak jednoduše a správně rozvinout povrch lidského těla. Vychází z představ, že lidské tělo lze rozčlenit na menší úseky, které je možné tvarově zjednodušit na geometrické útvary a následně rozvinout. Lidské tělo rozčleňuje pomocí rovin do pravidelných vodorovných pruhů, které rozvinuje do plochy obr. 34.



Obr. 34 Zobrazení rozvinutí předního a zadního dílu trupu pomocí vodorovných pruhů [51]

Bakalářská práce Žákové se stala výchozím bodem pro experimentální část této diplomové práce.

5. ORIENTACE NA LIDSKÉM TĚLE


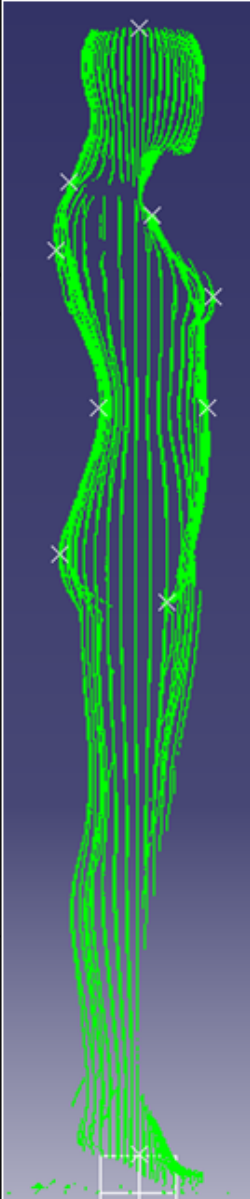
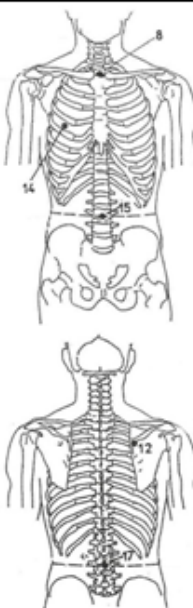

Lidské tělo je tvarově velmi složitý trojrozměrný útvar, na jehož tvar, má zásadní vliv kosterní, svalová a kožní soustava, která tvoří jeho rozměry a vnější tvarosloví.

Pokud chceme zjistit rozměr a tvar postavy, musíme ji přeměřit. Zjišťování rozměrů lidské postavy lze provádět dvěma základními metodami - **kontaktní** a **bezkontaktní**.

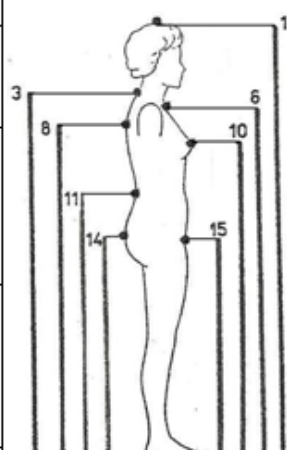
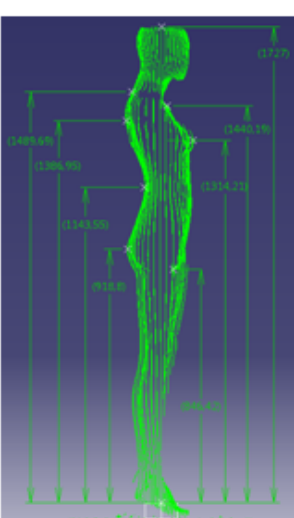
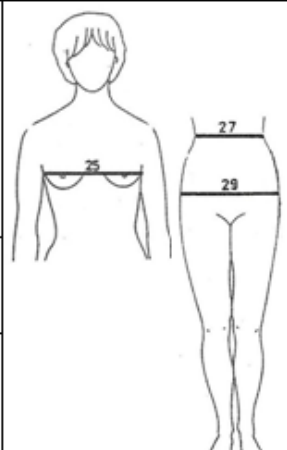
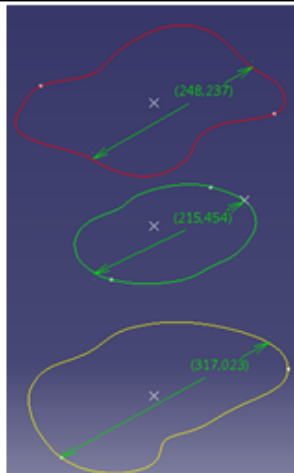
5.1 Zjišťování tělesných rozměrů lidského těla

Při **kontaktní** metodě dochází k přímému kontaktu měřících pomůcek (antropometr, torakometr, pelvimetr, kefalometr, posuvné měřítko, dynamometr, kaliper, úhloměr, měřicí páska apod.) s tělem měřeného probanda. Kontaktní metoda sice poskytuje dostatečné množství informací o hodnotách tělesných rozměrů, ale nezobrazuje tvar povrchu lidského těla. To umožňuje druhá metoda – **bezkontaktní**. Měření lidského těla probíhá bez přímého kontaktu snímače s tělem měřeného probanda. V současné době se používá měřicí technologie založená na základě optických systémů. Měřicí přístroje se odlišují v projektovaném světelném zdroji (laser, infračervené světlo, strukturované světlo, metoda fotogrammetrie) a způsobu jeho zachycení na povrchu těla. [52]

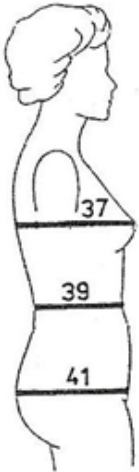
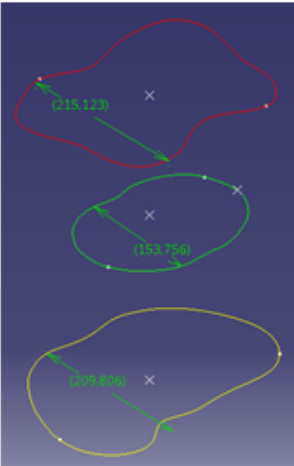
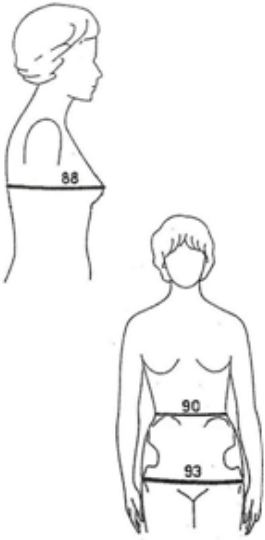
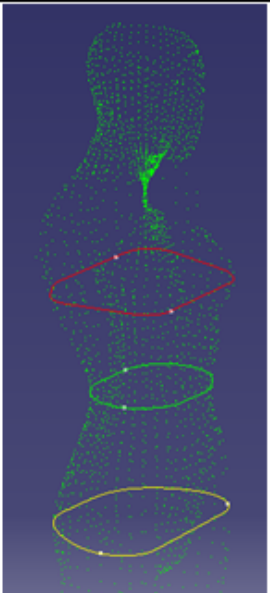
Pro správné přeměření tělesných rozměrů a určení rovin je třeba na těle určit somatometrické body, které se určují podle normy **ČSN 80 0090 (ISO 8559) Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek** [53]. Na obr. 35, je uveden výběr potřebných somatometrických bodů pro práci na nasnímané postavě v programu CATIA a následné určení rovin a tělesných rozměrů obr. 36 a 37.

Pořadí dle ČSN	Název	Latinský název	Zjištění somatometrických bodů na těle		
			Popis	Nákres - norma	3D CATIA
	Hlava				
1	Temenní bod	Vertex	nejvyšší bod temene hlavy		
4	Bod 7.krčního obratle	Cervicale	vrchol výběžku 7.krčního obratle		
7	Přední krční bod		bod na kořeni krku v na spojnici hlaviček klíčních kostí		
	Trup				
8	Horní hrudní bod	Suprasternale	bod na horním okraji hrudní kosti ve středu krční jamky		
12	Lopatkový bod	Akromiale	nejvystouplejší místo zad v oblasti hřebene lopatky		
14	Prsní bod	Thelion	střed prsní bradavky, u žen a dospívajících dívek oblečených v podprsence nejvystouplejší místo prsů		
15	Přední pasový bod	Omphalion	bod ležící v pase ve středu nejvíce vpředu		
17	Zadní pasový bod		bod ležící v pase ve středu vzadu na páteři		
21	Sedový bod		nejvystouplejší místo hýždí		

Obr. 35 Zjišťování somatometrických bodů na těle dle normy ČSN 80 0090 (ISO 8559)

Pořadí dle ČSN	Název rozměru	Metodika měření	Nákres - norma	3D CATIA
Výšky				
1	Výška postavy	měří se od základní roviny k temennímu bodu		
3	Výška 7.krčního	měří se od základní roviny k vrcholu 7.krčního obrátle		
6	Výška horního hrudního bodu	měří se od základní roviny k hornímu hrudnímu bodu na horním okraji hrudní kosti		
8	Výška lopatky	měří se od základní roviny k nejvyššímu místu lopatky		
10	Výška prsů	měří se od základní roviny ke středu prsní bradavky, u žen a dívek k nejvyššímu místu prsů		
11	Výška pasu	měří se od základní roviny obvykle k zadnímu pasovému bodu na spodním okraji těloměrné pásky		
14	Výška sedu	měří se od základní roviny k sedovému bodu v nejvyšším místě hýždí		
15	Výška rozkroku	měří se od základní roviny k rozkroku (hrázi). Lze měřit k hornímu okraji pravítka, vsunutého do rozkroku		
Čelní šířky				
25	Čelní šířka hrudníku	měří se mezi bočními stranami hrudníku v úrovni prsních bradavek, u žen a dívek v úrovni nejvyššího místa prsů		
27	Čelní šířka pasu	měří se v úrovni bočních pasových bodů		
29	Čelní šířka sedu	měří se mezi bočními stranami pánve v úrovni nejvyššího místa hýždí		

Obr. 36 Zjišťování výšek a čelních šířek pomocí somatometrických bodů dle normy ČSN 80 0090 (ISO 8559)

Pořadí dle ČSN	Název rozměru	Metodika měření	Nákres - norma	3D CATIA
	Profilové šířky			
37	Profilová šířka hrudníku	měří se mezi přední a zadní stranou hrudníku v úrovni prsní bradavky, u žen a dívek v úrovni nevystouplejšího místa prsů		
39	Profilová šířka pasu	měří se mezi přední a zadní stranou pasu v úrovni pasových bodů. Rameno antropometru se dotýká vzadu podélných svalů zad		
41	Profilová šířka sedu	měří se mezi přední a zadní stranou pánve v úrovni sedového bodu v nevystouplejším místě hýždí		
	Obvody			
88	Obvod hrudníku	měří se zepředu dozadu při normálním dýchání vodorovně kolem hrudníku. Měřicí páska se vede vpředu přes prsní body (prsní bradavky, u žen a dívek přes nevystouplejší místa prsů) a spojuje se vzadu na pravé straně těla		
90	Obvod pasu	měří se kolem trupu v úrovni bočních pasových bodů mezi hřebenem kyčelních kostí a žeberními oblouky. Postava má nezatažené břicho a normálně dýchá		
93	Obvod sedu	měří se kolem pánve v úrovni nejvyšších míst velkých choholníků		

Obr. 37 Zjišťování profilových šířek a obvodů pomocí somatometrických bodů dle normy ČSN 80 0090 (ISO 8559)

5.2 Členění lidského těla rovinami

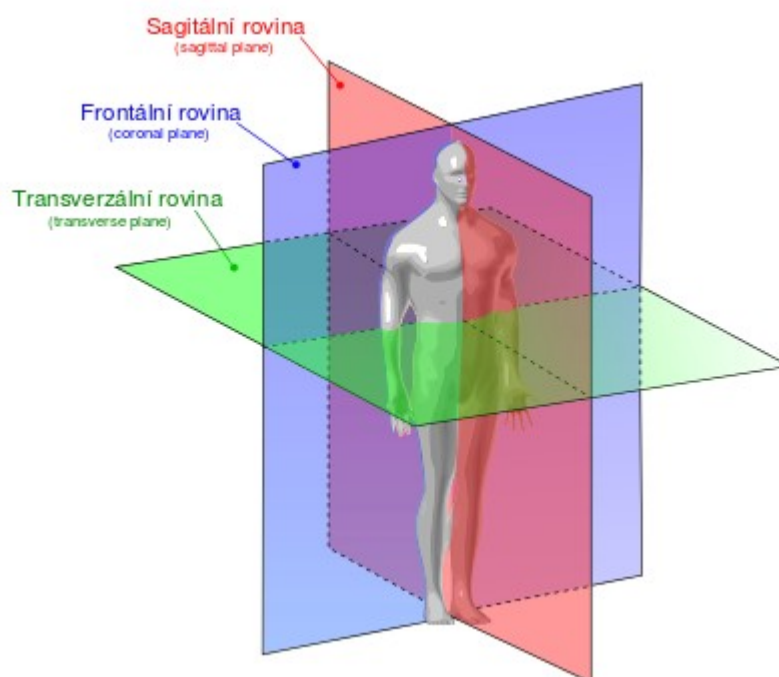
Pro snazší orientaci na lidském těle byla přijata speciální anatomická terminologie, která rozděluje tělo na různé oblasti imaginárními vzájemně kolmými rovinami, nazývanými **roviny řezu**. [54, 55]

V programu CATIA jsou tři základní roviny **xy**, **yz**, **zx**, přičemž osu těla tvoří průsečnice vertikálních rovin **zx** a **yz**.

Rovina **zx** určuje **mediánní** (střední) rovinu, která dělí tělo na levou a pravou část a určuje směr rovin **sagitálních** (rovnoběžné s rovinou mediánní). [54, 55]

Rovina **yx** určuje směr **frontální** roviny a dělí tělo na přední (ventrální) a zadní (dorzální) část (kolmé na sagitální rovině). [54, 55]

Rovina **xy** určuje **transversální** roviny, které jsou kolmé na ostatní dvě roviny a rozděluje tělo na horní (kraniální) a dolní (kaudální) část. [54, 55]



Obr. 38 Rozdělení těla pomocí rovin [56]

6. ROZVINOVÁNÍ POVRCHU LIDSKÉHO TĚLA POMOCÍ 3D CAD PROGRAMU CATIA

6.1 Možnosti programu CATIA a jeho využití při rozvinování

Program **CATIA** (Computer-Graphics Aided Three Dimensional Interactive Application), vyvinutý firmou Dassault Systèmes, je jedním z předních světových softwarových balíků CAD/CAM/CAE. Jako objemový modelovací nástroj nejen spojuje 3D parametrické funkce s použitím 2D nástrojů, ale rovněž řeší všechny konstrukční a výrobní procesy. Kromě toho, že poskytuje náhled do obsahu návrhu, podporuje tento balík spolupráci mezi firmami, a tak je zvýhodňuje před jejich konkurenty. [57]

Kromě prostorových modelů, plechových dílů a sestav lze v pracovní konzuli Drafting programu CATIA vytvářet také 2D výkresové pohledy, a to pravoúhlé pohledy, řezy, pomocné, izometrické a detailní pohledy. Oboustranně asociativní charakter tohoto softwaru zajišťuje, že změny provedené v modelu se projeví ve výkresových podkladech a naopak. [57]

Systém CATIA je používán ve všech oblastech průmyslu. Využití nachází např. u firmy Boeing – výrobce letadel. Dále pro návrh a konstrukci lodí či průmyslových provozů. Nejrozšířenější je CATIA v automobilovém průmyslu, používají ji velké automobilky jako Chrysler, BMW, VW nebo ŠKODA. [57]

V oděvním a textilním průmyslu je možné systém CATIA využít pro proces rozvinutí lidského těla za účelem výroby stříhu, neboť program nám umožňuje zobrazit prostorově nasnímanou postavu. Postavu můžeme natáčet a sledovat z mnoha různých stran a úhlů, členit rovinami, proměřovat, kótovat, definovat důležité body, vytvářet linie a křivky, případně pokrýt digitální postavu tzv. „mesh“ povrchem.

6.2 Návrh metodiky pro rozvinutí lidského těla

Pro řešení diplomové práce byl využit sken figuríny, který byl pořízen pomocí měřicího zařízení **MaNescan**. Systém MaNescan je založen na principu 2D aktivní triangulace, při které je použit laser II. třídy, který nasvítí povrch těla světelným pruhem. Pomocí snímáče obrazu (fotoaparátu) se pořídí jednotlivé snímky postavy, nasvícené laserem. Postava stojí na rotačním podstavci, který se otáčí a umožňuje tak postupné pořízení snímků vertikálních linií zobrazených na povrchu lidského těla. Vše se odehrává v temné místnosti. Snímky jednotlivých skenů představují profily řezů povrchu lidského těla, přičemž každý z nich představuje profil pohledu pod jiným úhlem. Nasnímané linie se pomocí speciálního programu **MiT_MaNescan** přepočítají pomocí vektorizace na souřadnicový systém **x, y, z**, čímž se získají jednotlivé body naskenovaných linií. [58]

Nová metoda rozvinutí 3D modelu lidského těla, pomocí 3D CAD programu CATIA V5, bude prováděna převážně v modulech **Digitizér Shape Editor** (práce s body), **Generative Shape Design** a **FreeStyle** (práce s plochou) s doporučenými nástroji:

Import (*import*) – vloží dat

Filter (*filtr*) – vyfiltruje nadbytečné body na použitelné množství

Mesh Creation (*tvorba „mesh“ povrchu*) – vygeneruje povrch daného prvku

Fill Holes (*zaplnit díry*) – zaplní vzniklé díry pomocí sítě trojúhelníků

Point (*bod*) – vytvoří 3D bod: zadáním jeho souřadnic (*Coordinates*), na křivce (*On Curve*), na zvolené rovině (*On Plane*), na ploše (*On Surface*)

Plane (*rovina*) – vytvoří rovinu: v zadané vzdálenosti od jiné rovinné geometrie (*Offset From Plane*), procházející vybraným bodem rovnoběžnou s jinou rovinnou geometrií (*Parallel Through Point*), pomocí zvolení tří bodů (*Through Three Points*)

Planar Sections (*rovinné sekce*) – vytvoří promítnutí bodu do dané roviny a spojí se v křivku

Connect Curve (*spojení křivky*) – plynule spojí dvě křivky s možností výběru typu napojení (bodové, křivostní, tangentní)

Curve Smooth (*vyhlazení křivek*) – vyhladí spojené křivky

Split (*rozdělit*) – vzájemně ořízne dvě protínající se plochy, křivky nebo tělesa

Intersection (*protnout*) – vytvoří průsečíky bodu, křivky, obrysu nebo plochy jejich vzájemným křížením

Disassemble (*rozebrat, rozdělit*) – rozloží načrtnuté entity (křivky, plochy) do jednotlivých křivek nebo ploch

Net Surface (*povrchová síť*) – vytvoří povrch pomocí vodících a profilových linií

Unfold (*rozvinout*) – umožní rozvinutí a opakovatelné složení dílu

Translate (*přeskládat*) – přesunutí jednoho nebo více prvků (body, úsečky, plochy a tělesa) v určitém směru

Spline (*spline křivka*) – vytvoří křivku definovanou kontrolními body

3D Curve Offset (*offset 3D křivek*) - vytvoří prostorový offset křivky

Measure (*měření*) – měření vzdáleností a úhlů mezi prvky

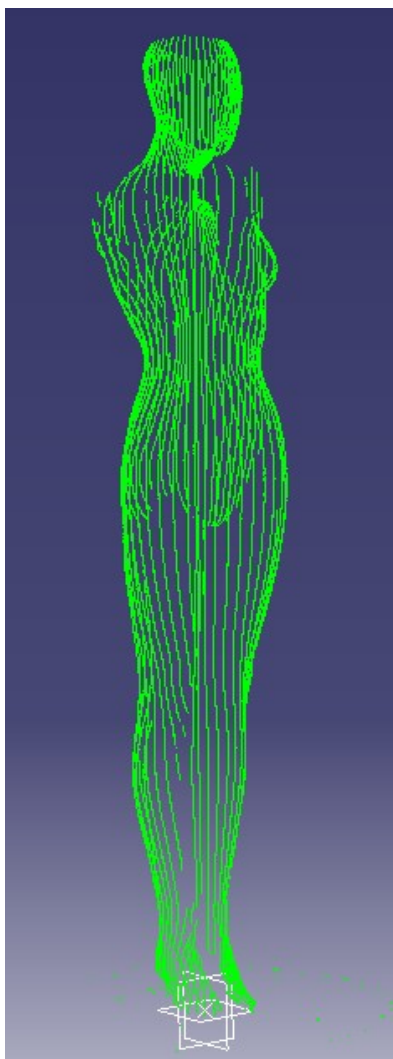
Proces rozvinutí je rozdělen do tří fází:

- V první fázi načítáme a upravujeme nasnímané body postavy.
- Druhá fáze se zabývá parametrizací modelu postavy a vytváření drátového modelu trupu.
- Třetí fáze zahrnuje proces tvorby povrchu a jeho následné rozvinutí do plochy.

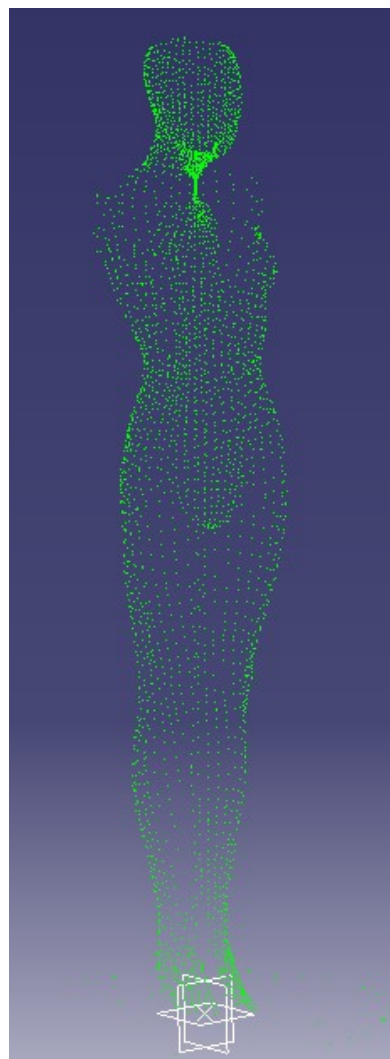
6.2.1 Načtení naskenovaného lidského těla do programu CATIA

Jak bylo řečeno, pro vytvoření 3D modelu lidského těla, je nutné získat vstupní data přepočítána do souřadnicového systému. Systém MiT_MaNescan tento proces vyhodnotí zcela automaticky. Tvar těla je po zachycení skenerem v podobě „mraku bodů“. Čím více je těchto bodů zaznamenáno, tím je 3D obraz přesnější, ale zároveň kapacitně větší a obtížnější pro další zpracování.

Data v podobě souřadnic x, y, z , z MiT_MaNescanu ve formátu *.txt*, v našem případě „výpočty.txt“, importujeme pomocí funkce „*Import*“ do modulu „*Digitizer Shape Editor*“ programu CATIA, který nám umožní zobrazení skenované postavy ve 3D podobě (obr. 39), čímž vytvoříme tzv. „digitální dvojče“.



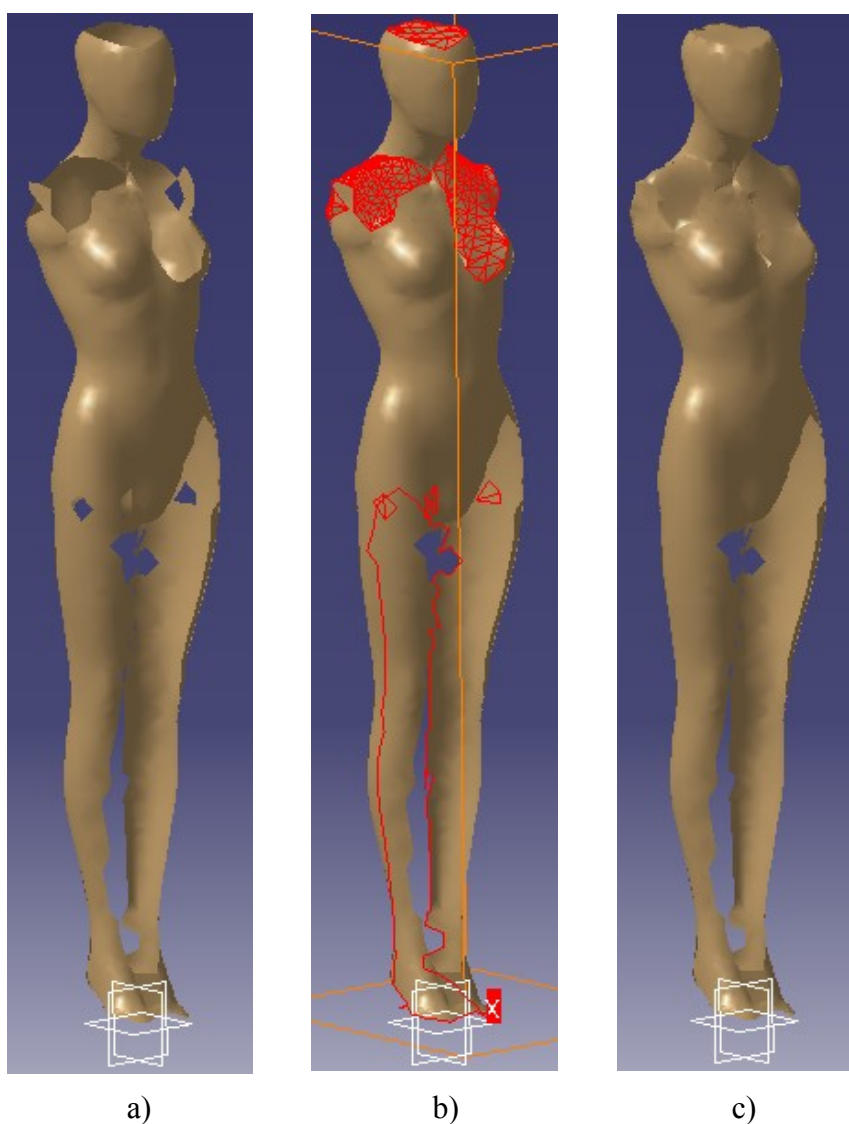
Obr. 39 Zobrazení importovaných dat nasnímané postavy



Obr. 40 Zobrazení filtrace bodů nasnímané postavy

6.2.2 Úprava načtených bodů a vytvoření povrchu „mesh“

Síť bodů je pro další zpracování příliš hustá, tudíž byla provedena redukce bodů pomocí příkazu „**Filter**“ (obr. 40). Zadáním adaptivního typu filtru se získalo 3717 bodů (9,11%) z původních 40785 bodů (100%). V tuto chvíli bylo možné využít příkazu „**Mesh Creation**“ a pokrýt postavu povrchem. Na postavě se vytvořilo velké množství „otvorů“ – chybějících míst, vzniklých kvůli nepřítomnosti bodů v určitých částech těla, které skener nezachytil. Pomocí příkazu „**Fill Holes**“ se doplnily menší chybějící místa (obr. 41). Větší otvory touto cestou zaplnit nelze. Z tohoto důvodu byla další práce s postavou zaměřena na oblast bez chybějících míst, v tomto případě trupovou část těla.



Obr. 41 a) Zobrazení chybějících míst na povrchu, b) Zaplnění chybějících míst sítí trojúhelníků, c) Zobrazení výsledného zaplnění chybějících míst

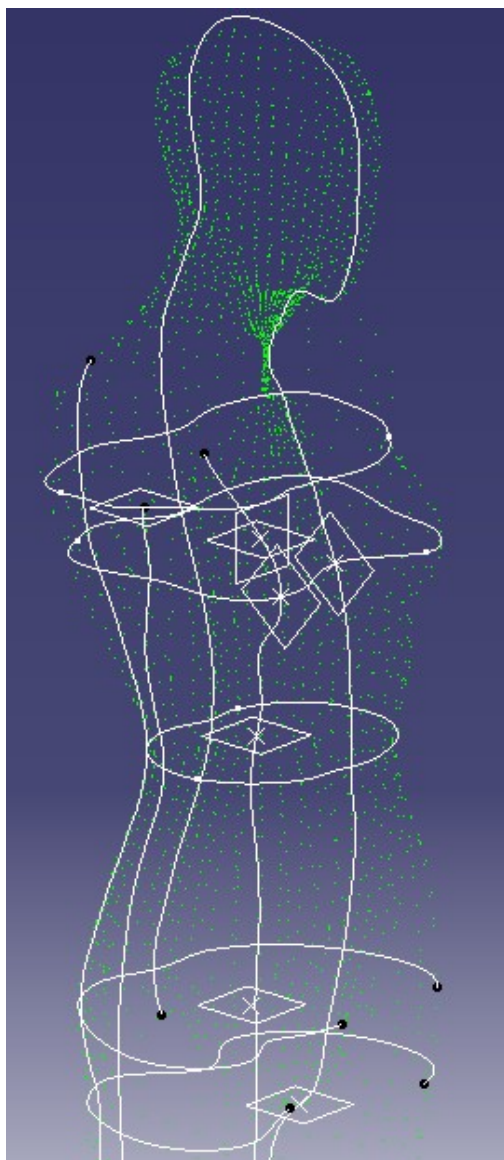
Samotný „mesh“ do plochy rozvinout nelze, proto bylo třeba vytvořit drátový model postavy a pokrýt ji rozvinutelnou plochou.

6.2.3 Vytvoření rovin a řezů těla pomocí určených somatometrických bodů

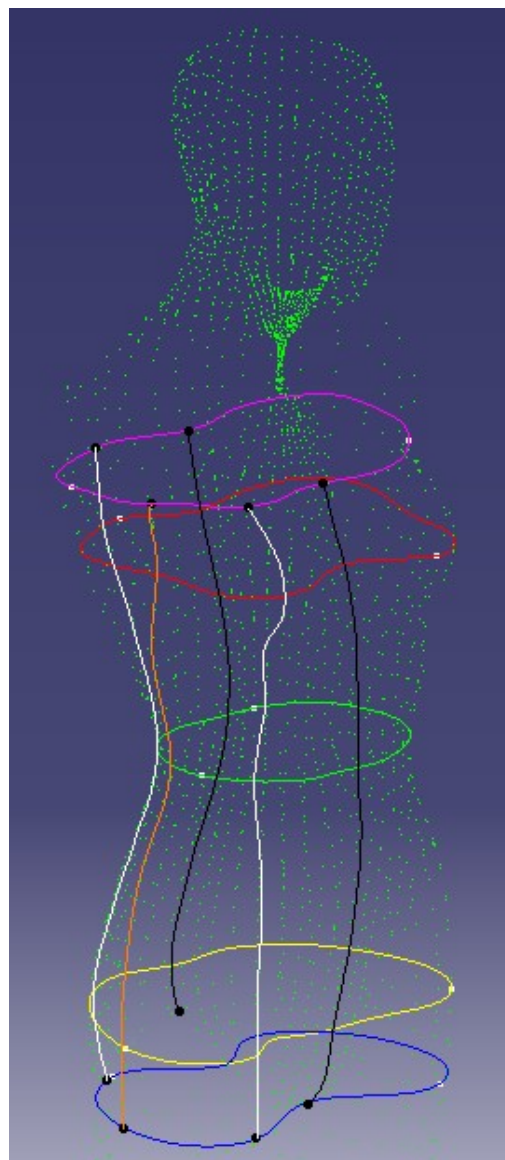
Pro další práci s postavou bylo třeba pomocí určených somatometrických bodů (viz kapitola 5) určit pomocné roviny, které nám umožní vytvořit řezy postavy. Body na postavě určíme pomocí funkce „*Point*“ v modulu „*Generative Shape Design*“, který obsahuje stejně jako ostatní moduly funkce pro vytváření drátové geometrie, základních ploch, funkce pro operace s těmito plochami a několik analýz. Některé funkce víceméně korespondují s funkcemi v modulu „*Part Design*“, jiné jsou naprosto specifické pro plošné modelování.

V úrovni stanovených somatometrických bodů byly pomocí příkazu „*Plane*“ vytvořeny transversální roviny **hrudní**, **pasová** a **sedová**. Dále byla určena mediánní, frontální a sagitální rovina, která prochází prsním bodem a je rovnoběžná s mediální rovinou ve vzdálenosti 85,6mm. Všechny vzniklé roviny jsou základem pro rozvinutí povrchu těla. Pro přehlednější rozvinutí trupu byla vytvořena „**nadprsní**“ rovina ve vzdálenosti 62,6mm od hrudní roviny kraniálním směrem a rovina „**rozukroková**“ ve vzdálenosti 71,5mm kaudálním směrem od sedové roviny.

V každé rovině byly vytvořeny křivky kopírující tvar těla a to pomocí funkce „*Planar Sections*“, která nejbližší body promítne do roviny a následně jimi automaticky proloží křivky (curve) na obr. 42.



Obr. 42 Zobrazení rovin proložených křivkami



Obr. 43 Ořezání křivek a vznik drátového modelu s křivkami: mediální (černá), sagitální (bílá), frontální (oranžová), nadprsní (růžová), hrudní (červená), pasová (zelená), sedová (žlutá), rozkroková (modrá)

6.2.4 Vytvoření drátového modelu rekonstrukcí křivek

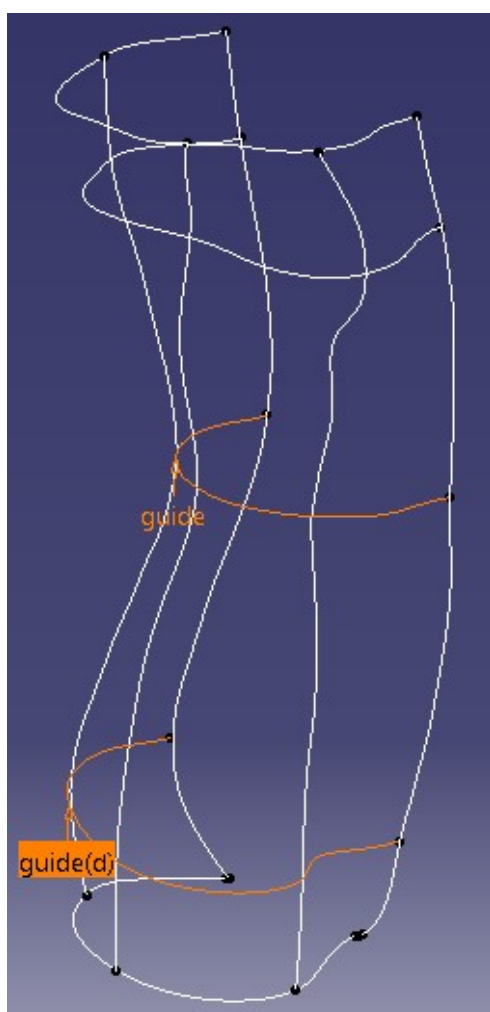
Kvůli nedostatku bodů dochází k přerušení křivek v rovině, bylo tedy třeba pomocí příkazu „*Connect Curve*“ křivky spojit. Pomocí funkce došlo k rekonstrukci křivky. Křivky však zůstávají navzájem od sebe oddělené, bylo tedy nutné pomocí příkazu „*Curve Smooth*“ jednotlivé křivky spojit do jedné jediné. Jak vidíme, na obr. 43 bylo potřeba sagitální, mediální a frontální křivky ořezat pomocí příkazu „*Split*“ v úrovni mezi nadprsní a rozkrokovou rovinou. Takto nám vznikne **drátový model trupu**.

6.2.5 Rozdělení drátového modelu a jeho pokrytí plochou

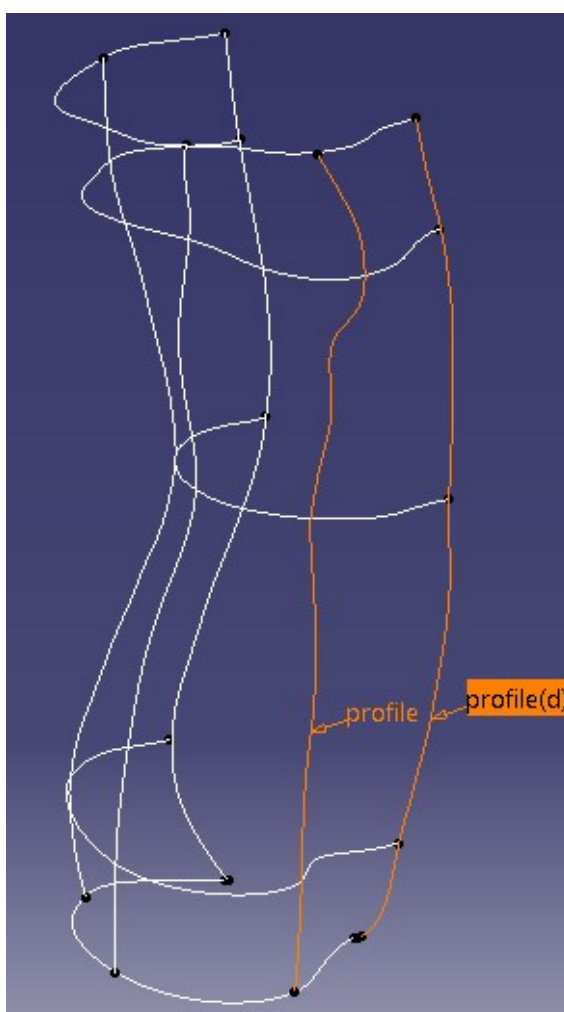
Pro rozvinutí stačí pracovat jen s jednou polovinou těla, proto byla v oblasti mediální roviny postava rozdělena na pravou a levou část příkazem „*Intersection*“ v jednotlivých rovinách.

Před pokrytím drátového modelu plochou bylo potřeba pomocí příkazu „*Disassemble*“ osamostatnit křivky mediální a sagitální roviny na přední a zadní, jinak by pokrytí plochou nemohlo být provedeno. Ponechána byla levá polovina trupu, je lépe naskenovaná a nejsou zde prázdná místa s chybějícími body.

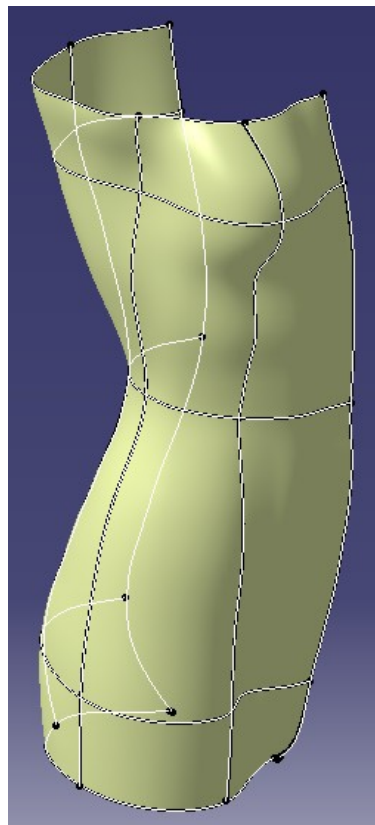
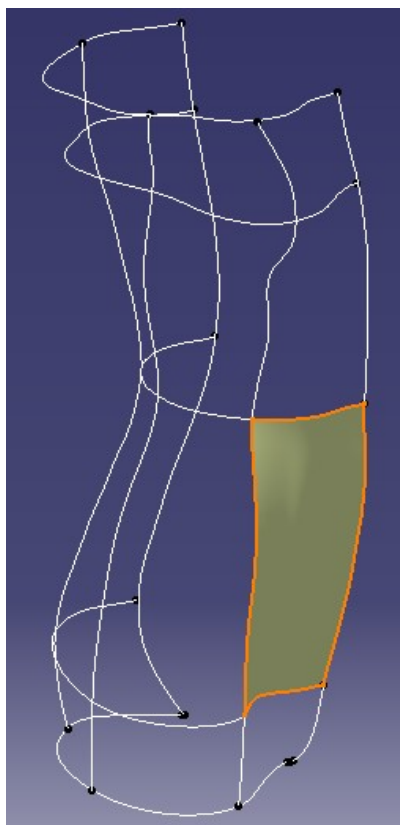
Drátový model po částech pokryjeme plochou příkazem „*Net Surface*“, který se nachází v modulu „*FreeStyle*“. Aby došlo ke správnému pokrytí povrchu, je třeba dát pozor na správné určení vodících (guide obr. 44) a profilových (profile obr. 45) linií. Takto byla postupně povrchem pokryta celá polovina trupu (obr. 46, 47). Na obr. 48 je zobrazen zadní a přední díl pokrytého trupu před rozvinutím.



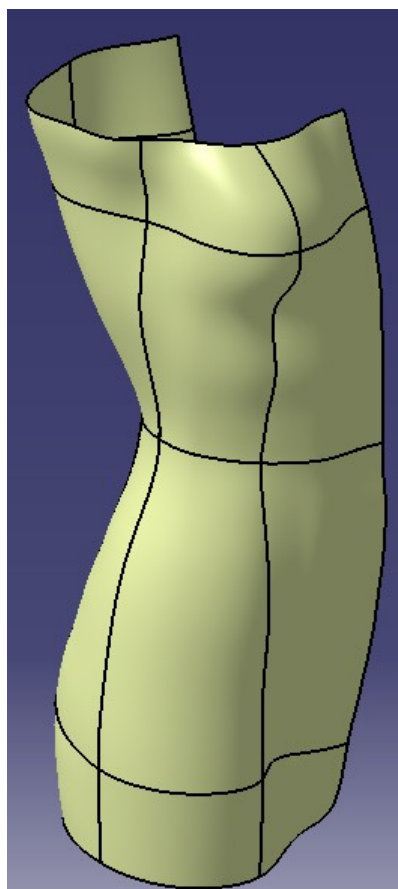
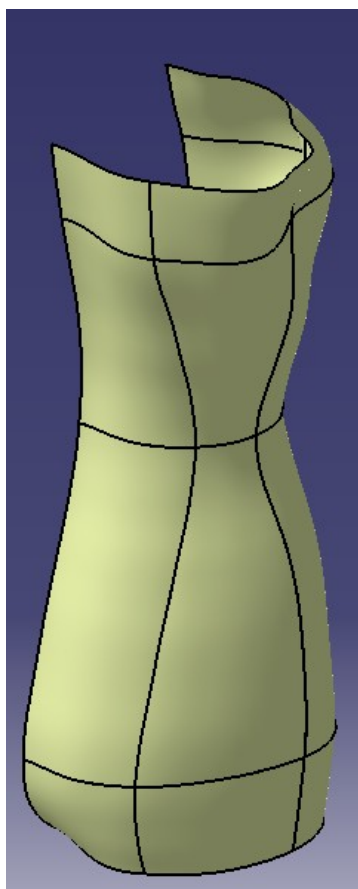
Obr. 44 Zobrazení určení vodících linií



Obr. 45 Zobrazení určení profilových linií



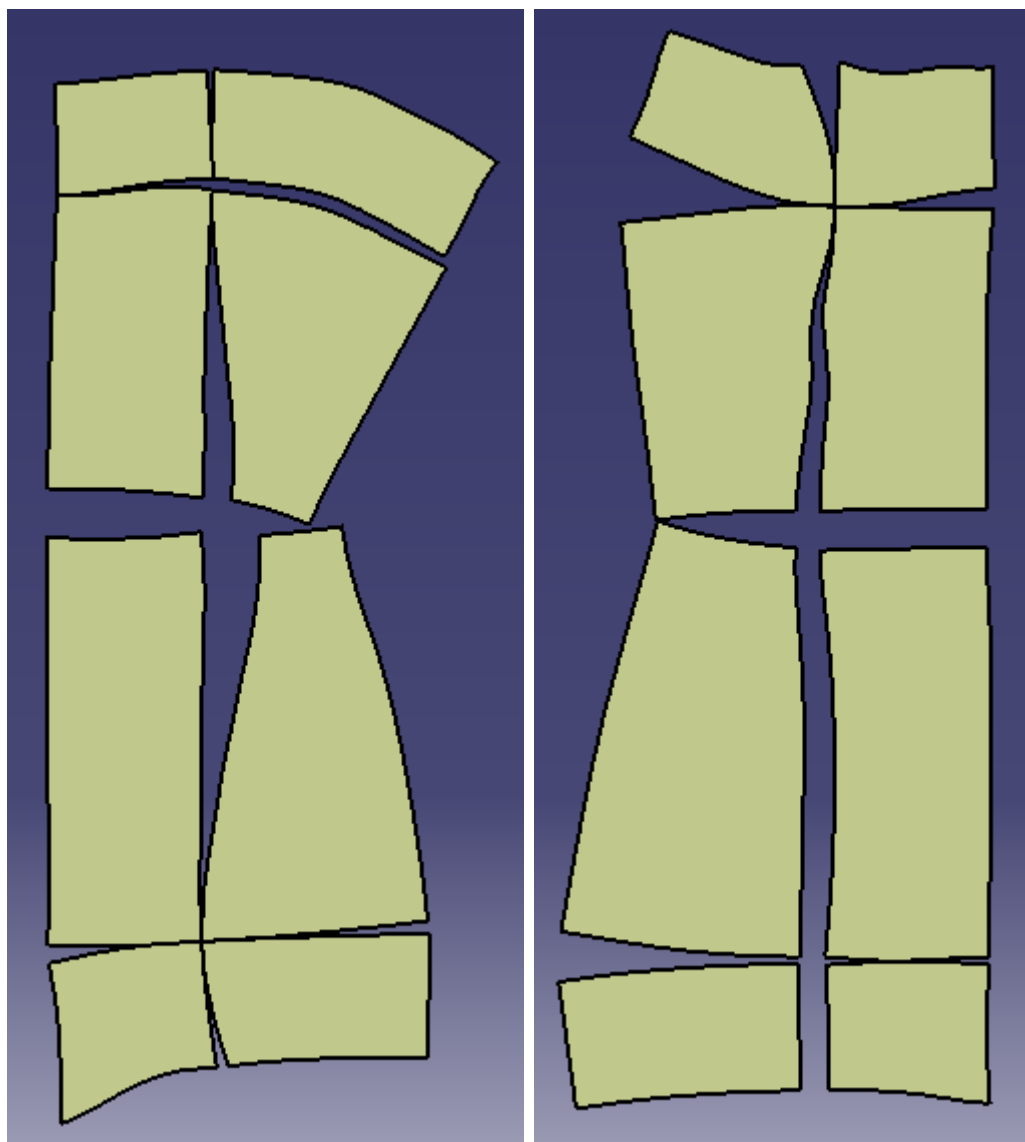
Obr. 46 Zobrazení částečného pokrytí povrchu Obr. 47 Zobrazení pokrytí celého trupu povrchem



Obr. 48 Zobrazení celkového pokrytí zadního a předního dílu trupu povrchem

6.2.6 Rozvinutí povrchu trupu

Pomocí příkazu „*Unfold*“ byl rozvinut zvlášť zadní a přední díl trupu obr. 49. Při rozvinování bylo nutné dát si pozor na správné určení referenční linie a cílové linie přemístění (rozvinutí). Snadno se totiž může díl převrátit či odsunout. Rozvinuté díly se překrývaly, z tohoto důvodu byla použita funkce „*Translate*“, která umožnila rozsunout díly od sebe.

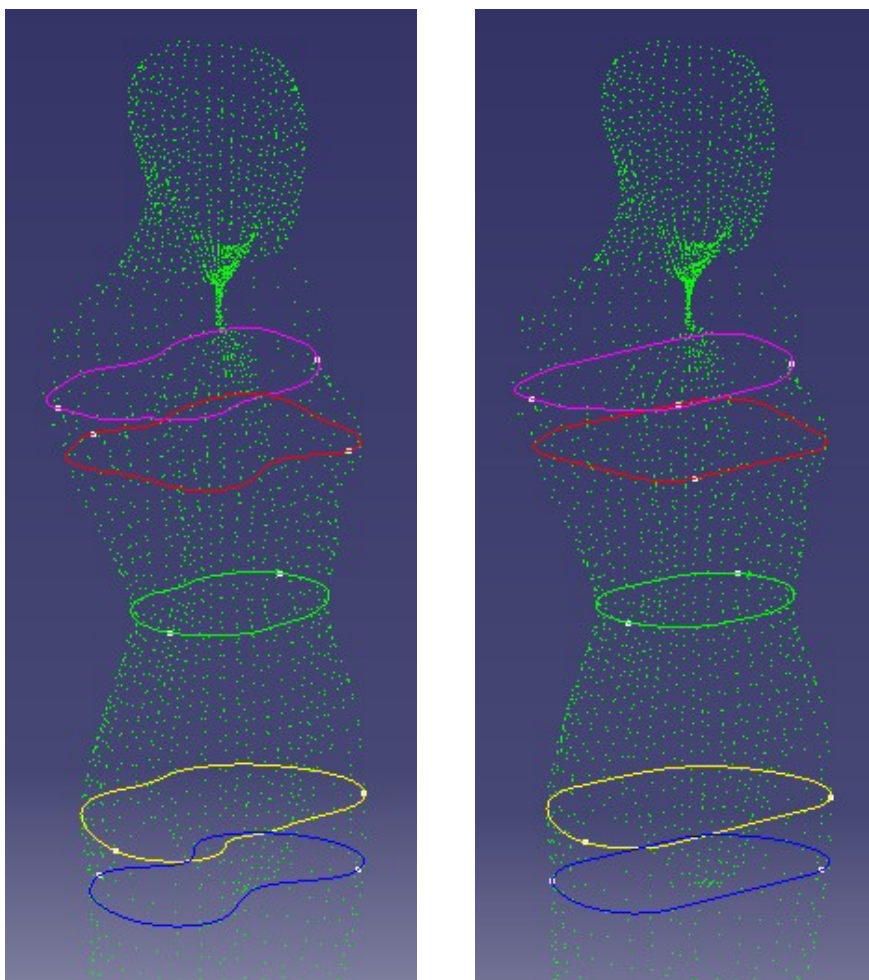


Obr. 49 Zobrazení rozvinutí zadního a předního dílu trupu

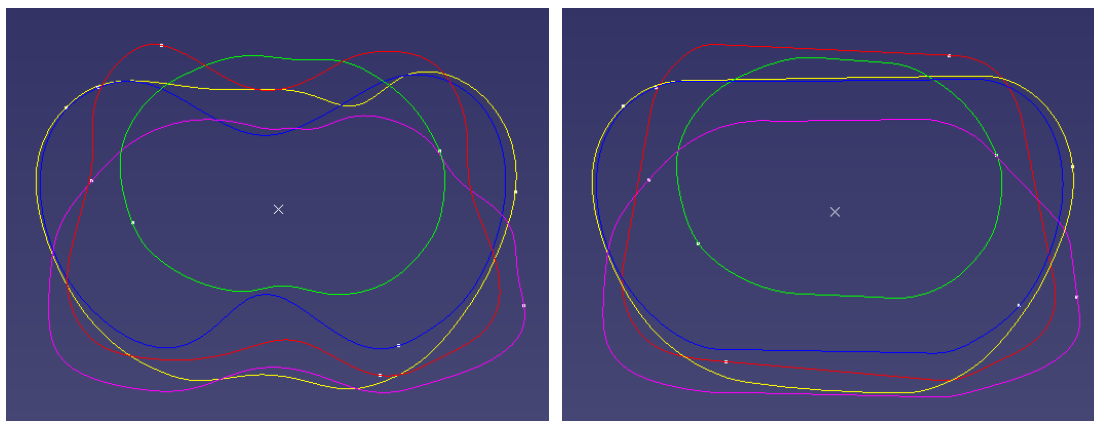
Tento způsob rozvinutí povrchu kopírujícího tvar lidského těla je vhodný pro výrobu elastického prádla, které těsně přiléhá k tělu. Pro výrobu svrchních oblečení je třeba povrch těla upravit tak, aby tvary obvodových rozměrů figuríny odpovídaly rozměrům měřeným na těle kontaktní metodou. Z tohoto důvodu byl vytvořen druhý drátový model, který „nekopíruje“ přímo tvar těla, ale je zjednodušen a odpovídá měření těla podle normy ČSN 80 0090 (ISO 8559) *Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek*.

6.2.7 Vytvoření drátového modelu a povrchu lidského těla na základně zjednodušených obvodů

Zjednodušené obvody byly vytvořeny za pomoci funkce „*Connect*“ a „*Curve Smooth*“, na obr. 50 můžeme porovnat zjednodušení obvodových linií. Na obr. 51 vidíme stejné porovnání seshora.

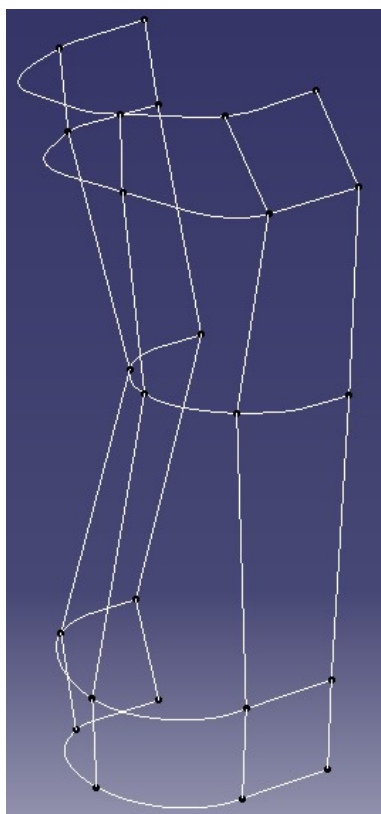


Obr. 50 Zobrazení obvodových linií na těle před a po zjednodušení obvodových rozměrů

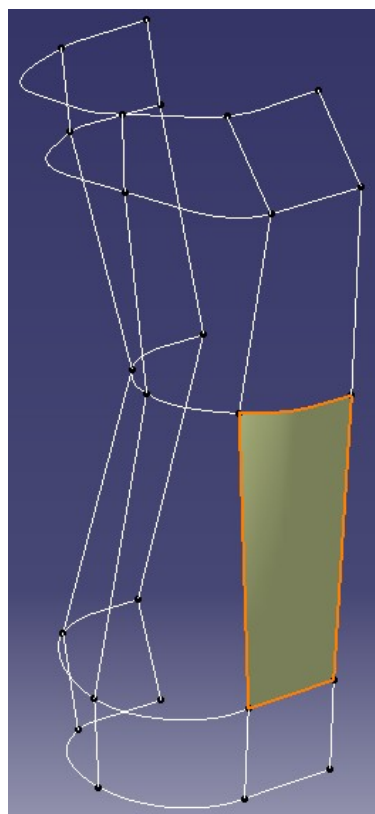


Obr. 51 Zobrazení obvodových linií na těle před a po zjednodušení obvodových rozměr. – pohled shora

V průsečících mediální, sagitální a frontální roviny s transversální nadprsí, hrudní, pasovou, sedovou a rozkrokovou rovinou byly vytvořeny body pomocí funkce „*Point*“ tak, aby bylo možné jednotlivými body vést křivku příkazem „*Spline*“ a dosáhnout tak drátového modelu obr. 52 kopírujícího jednotlivé obvody těla. Vzniklá místa mezi rovinami zaplníme plochou (obr. 53) jako v předchozím případě pomocí funkce „*Net Surface*“.

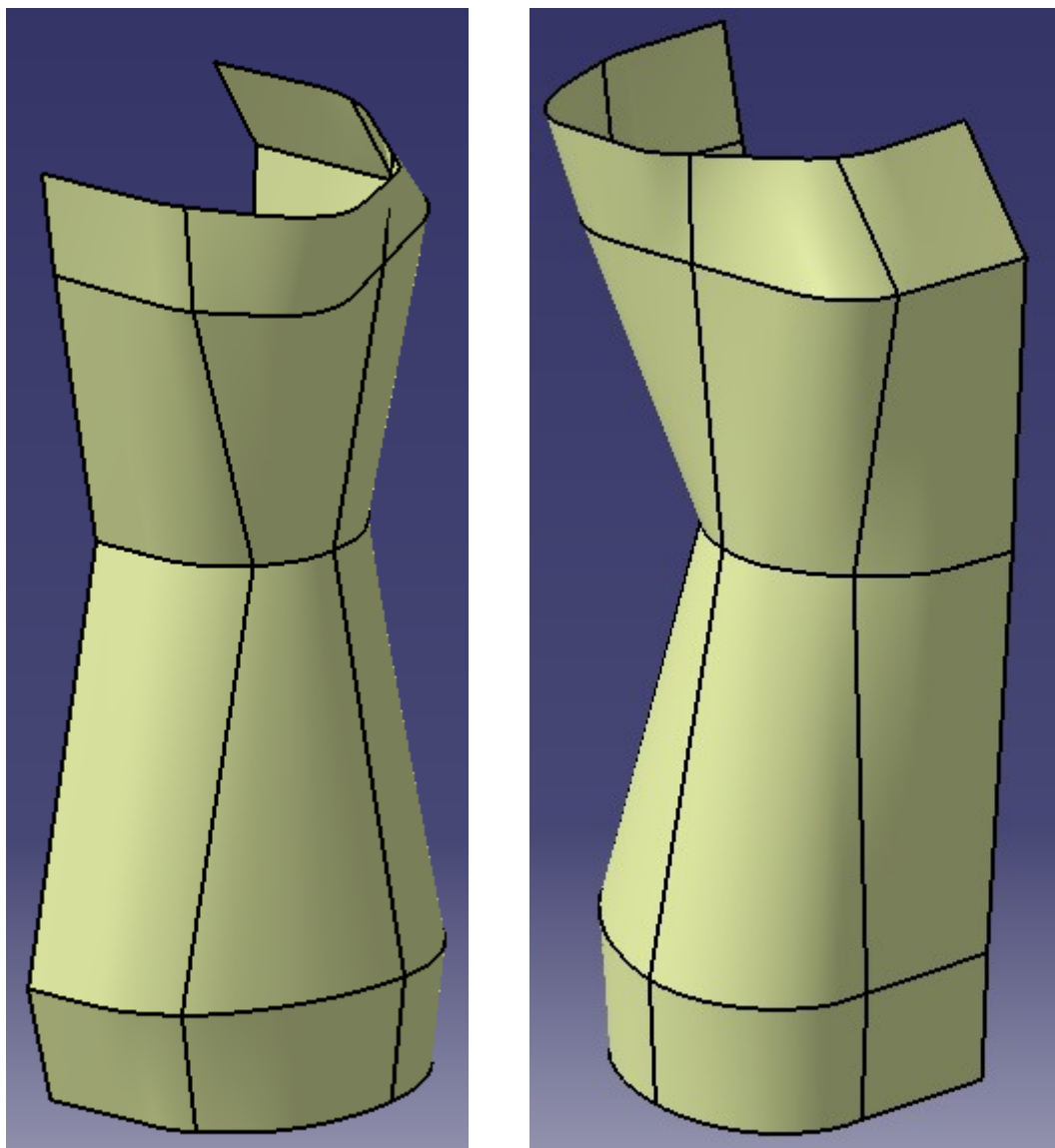


Obr. 52 Zobrazení nového drátového modelu se zjednodušenými obvody

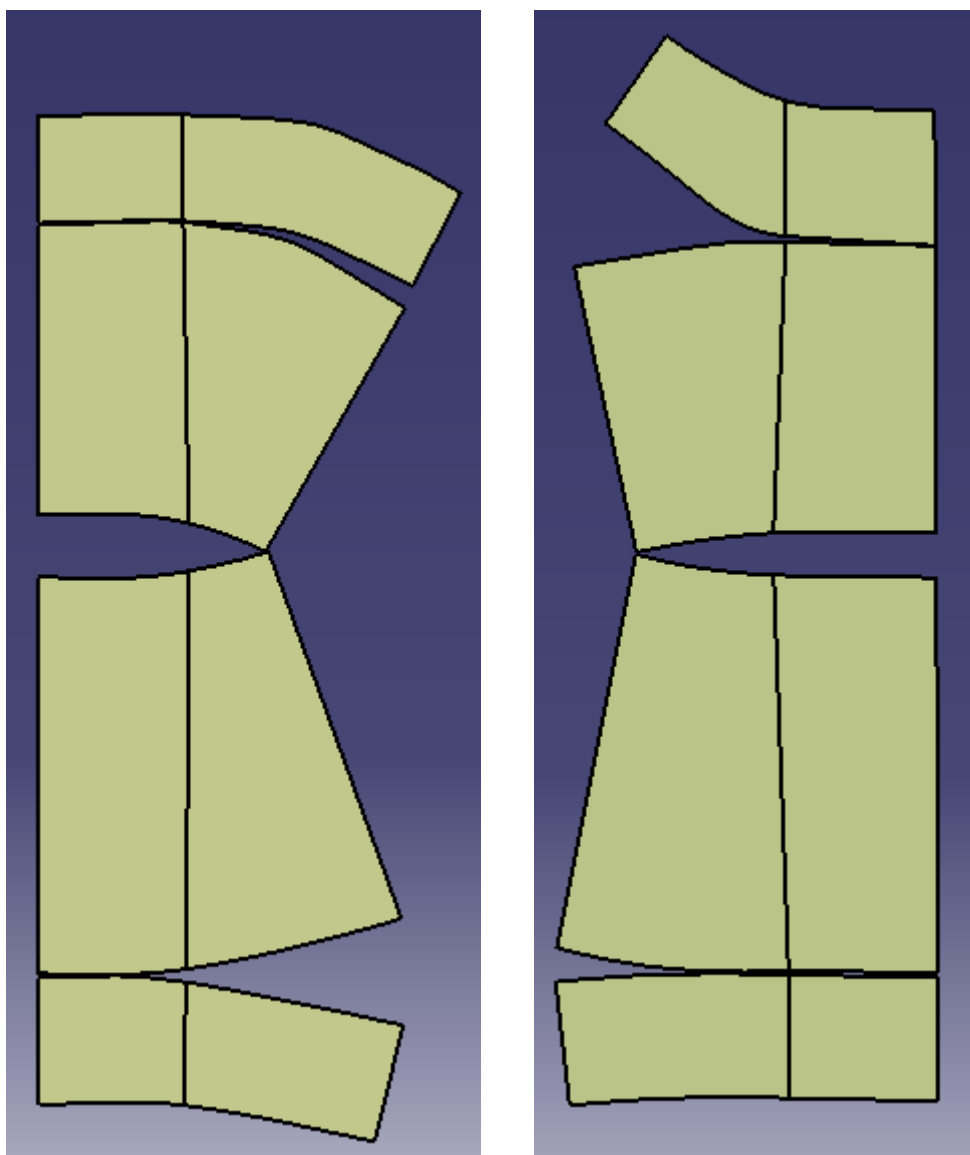


Obr. 53 Pokrytí nového drátového modelu plochou

Celé pokrytí zadního a předního dílu trupu je znázorněno na obr. 54. Stejně tak jako předtím rozvineme povrch zadního a předního dílu pomocí příkazu „*Unfold*“ (obr. 55).



Obr. 54 Zobrazení celkového pokrytí zjednodušeného zadního a předního dílu trupu povrchem



Obr. 55 Zobrazení rozvinutí zjednodušeného zadního a předního dílu trupu

V příloze č. 1 se nachází porovnání rozvinutí povrchu trupu přímo z těla s rozvinutím povrchu trupu se zjednodušenými obvody.

7. POSTUP ŘEŠENÍ OD ROZVINUTÉHO TĚLA K ODĚVU

Oděv, zvláště však jeho jednotlivé vrstvy, se od těla vzdalují jednak tím, že se mění silueta oděvu daná jeho přiléhavostí, ale i tloušťkou jednotlivých vrstev použitých materiálů. Jak postupovat při práci v programu CATIA při tvorbě první vrstvy a samozřejmě i těch následujících je uvedeno v následující kapitole.

7.1 Aplikace systému přídavek v systému CATIA

Přidavky vyjadřují jednak estetické cítění, vkus, módní vlivy, ale i vlivy materiálu a vlivy technologického zpracování. Ze zkušeností, uplatněných v současné praxi a v zahraničních metodikách, nelze jednoznačně zjistit skutečné hodnoty jednotlivých vlivů, neboť jsou vyjádřeny jednou sumární hodnotou přídavku. Předností jednotné metodiky konstruování je, na rozdíl od předešlých metodik, určení pravidel pro tvorbu přídavek. [59]

Přidavky jsou veličiny, které upravují (zvětšují, popřípadě zmenšují) hodnoty příslušných tělesných rozměrů na hodnoty konstrukčních úseček a členění. Dělíme je do několika skupin. [59]

První skupinou jsou **přidavky na volnost** – všechny druhy přídavek, které zajišťují změnu výchozích tělesných rozměrů a jejich částí na rozměry oděvu. Musí být takové, aby se mohl člověk pohybovat, dýchat, měl dostatečný prostor pro termoregulaci a zároveň by měly přihlížet k módně – estetickým faktorům. [59]

Další skupinou jsou **přidavky na tloušťku vrstev materiálu** – velikost přídavku je závislá na počtu vrstev, které tvoří konstruovaný oděv, a na počtu vrstev, které leží pod konstruovaným oděvem. Tyto vrstvy tvoří základní druhy oděvů a prádla (např. plášť, sako, košile, nátělník), které jsou zhotoveny v kombinaci vrchního, podšívkového, výztužného a výplňkového materiálu. [59]

Poslední skupinou jsou **přidavky technologické** – zahrnují veličiny, které zajišťují, aby i po vlhko-tepleném zpracování a fixaci zůstaly projektované rozměry oděvních součástí nezměněny. [59]

7.1.1 Stanovení přídavek na volnost k tělesným rozměrům

Hodnoty přídavek jsou stanoveny empiricky na základě zkušeností k vybraným základním obvodovým a délkovým tělesným rozměrům v závislosti na siluetě, druhu oděvu, pohlaví a věku. [59]

Hlavním rozlišovacím znakem pro stanovení přiléhavosti oděvu pro horní část těla je přírůstek na volnost k obvodu hrudníku, k obvodu pasu a sedu. Lze tak ovlivnit zda bude oděv přiléhavý, polopřiléhavý, rovný nebo volný. [59]

Podle *Systému přídavek jednotné metodiky konstruování oděvů* [59] byly stanoveny hodnoty přídavek pro **polopřiléhavou halenku**. Pro obvod hrudníku byl zvolen přírůstek 10cm, pro obvod pasu také 10cm a pro obvod sedu 6cm.

7.1.2 Výpočet přídavek pro zvětšení obvodů hrudníku, pasu a sedu

Při výpočtu přídavek vycházíme z výpočtu obvodu kruhu $O = 2\pi r$ (v našem případě je obvodem kruhu obvod hrudníku, pasu a sedu) a odečítáme jeho poloměr $r = \frac{O}{2\pi}$ od poloměru obvodu s přírůstkem.

Výpočet poloměru obvodů **bez přídavek**: Výpočet poloměru obvodů **s přírůstkem**:

$$r_{oh} = \frac{oh}{2\pi} = \frac{86,62}{2\pi} = 13,79cm$$

$$r_{ohp} = \frac{oh+10}{2\pi} = \frac{96,62}{2\pi} = 15,38cm$$

$$r_{op} = \frac{op}{2\pi} = \frac{60,32}{2\pi} = 9,6cm$$

$$r_{opp} = \frac{op+10}{2\pi} = \frac{70,32}{2\pi} = 11,19cm$$

$$r_{os} = \frac{os}{2\pi} = \frac{87,58}{2\pi} = 13,94cm$$

$$r_{osp} = \frac{os+6}{2\pi} = \frac{93,58}{2\pi} = 14,89cm$$

Výpočet vzdálenosti mezi tělem a první vrstvou oděvu:

$$r_{ohp} - r_{oh} = p_{oh} = 1,59cm$$

$$r_{opp} - r_{op} = p_{op} = 1,59cm$$

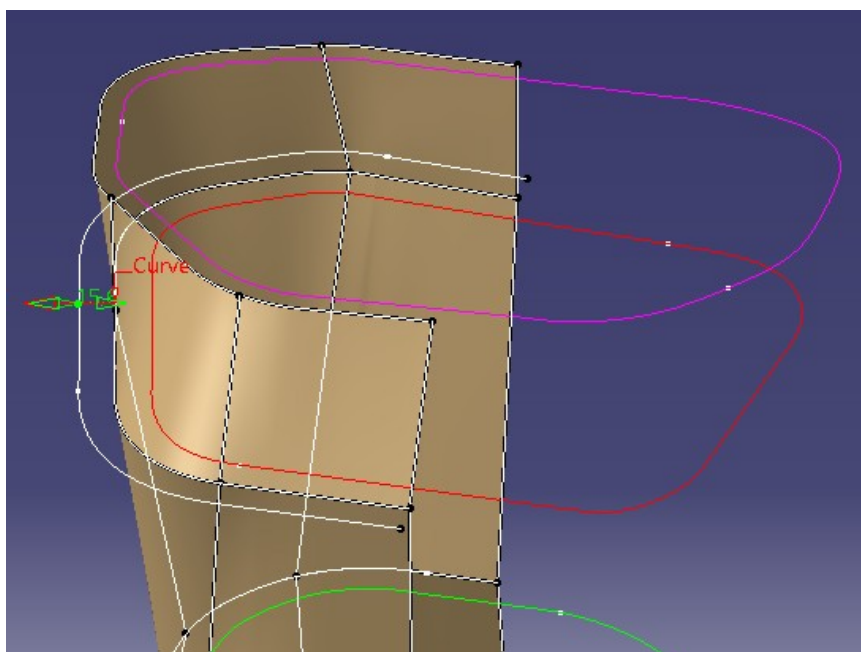
$$r_{osp} - r_{os} = p_{os} = 0,95cm$$

kde: r_{oh} – poloměr obvodu hrudníku, r_{op} – poloměr obvodu pasu, r_{os} – poloměr obvodu sedu, r_{ohp} – poloměr obvodu hrudníku včetně přírůstku, r_{opp} – poloměr obvodu pasu včetně přírůstku, r_{osp} – poloměr obvodu sedu včetně přírůstku, p_{oh} – vzdálenost mezi tělem a první vrstvou oděvu na hrudníku, p_{op} – vzdálenost mezi tělem a první vrstvou oděvu v pase, p_{os} – vzdálenost mezi tělem a první vrstvou oděvu v oblasti sedu

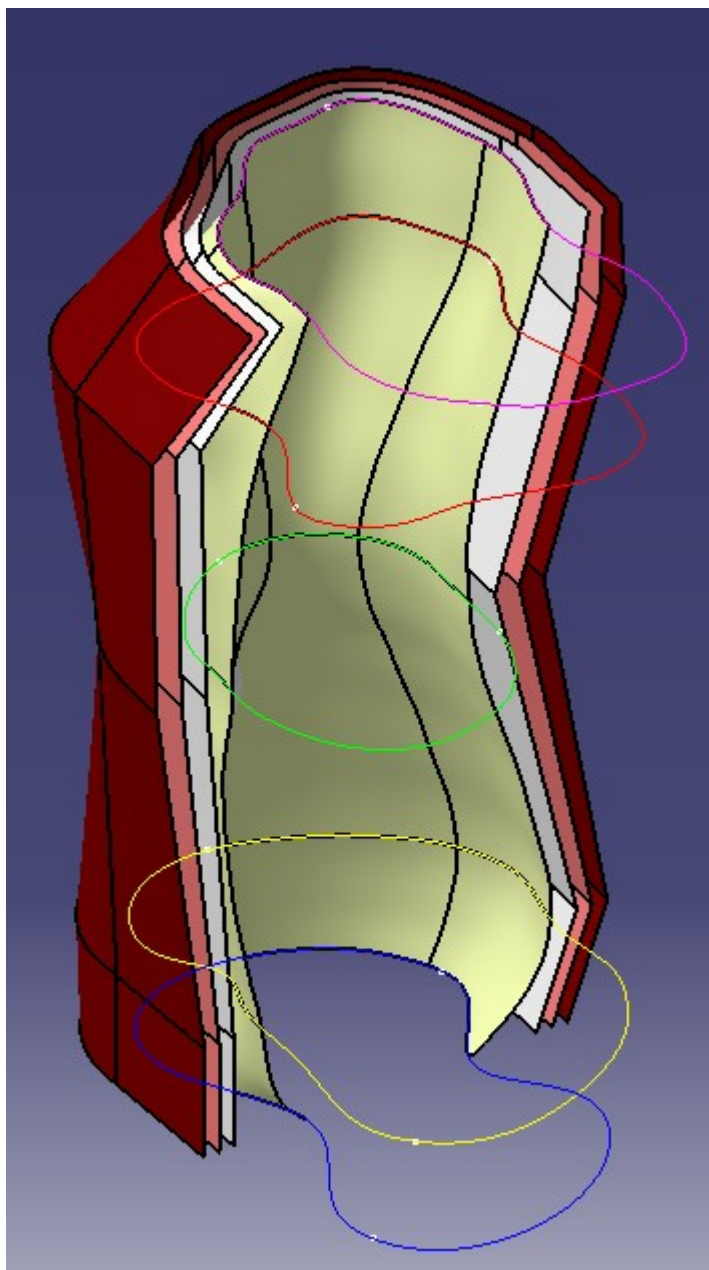
7.1.3 Aplikace přídavků u drátového modelu trupu lidského těla

Pro vytvoření vrstvy oděvu vzdálené od těla byly obvodové rozměry trupu pomocí funkce „*3D Curve Offset*“ zvětšeny o vypočítané **vzdálenosti mezi tělem a první vrstvou oděvu**. Obvod hrudníku byl zvětšen o **1,56cm**, obvod pasu také o **1,59cm** a obvod sedu o **0,95cm**. Na obr. 56 je znázorněno zvětšení obvodu hrudníku.

Touto aplikací by bylo možné vytvářet stříhy pro jednotlivé vrstvy oděvů s ohledem na jejich řešení vrstev v systému oblékání. Jeden z příkladů vrstvení oděvu je znázorněn na obr. 57. Postupné vrstvení oděvu nalezneme v příloze č. 2.



Obr. 56 Znázornění zvětšení obvodu hrudníku pomocí funkce „3D Curve Offset“



Obr. 57 Znáznornění vrstev oděvu vytvořených zvětšením obvodových rozměrů (vnitřní vrstva představuje povrch lidského těla)

ZÁVĚR

Tato diplomová práce navrhuje metodu rozvinutí povrchu lidského těla s využitím tělesných rovin. Pro řešení problému byly zmapovány dosavadní postupy rozvinování objektů pomocí CAD programů a také postupy, které byly využity při rozvinování povrchu lidského těla s využitím válcových útvarů dle Kleibera, McMahon a dalších.

Základem pro zpracování se stala výstupní data ze skenovacího zařízení MaNescan. Data byla v podobě souřadnic bodů x, y, z načtena do 3D CAD programu CATIA, který umožnil zobrazení skenované postavy v podobě mraku bodů. Pro pokrytí postavy povrchem „mesh“ bylo potřeba naskenované body nejprve upravit filtrací. Vzhledem k tomu, že při skenování nebyly obrysy některých částí těla dokonalé vlivem tvarů těla, vznikly a na povrchu těla pokrytém „mesh“ otvory. Proto byla pro práci rozvinu těla vymezena oblast trupu mezi nadprsní a rozkrokovou rovinou. Samotný „mesh“ do plochy rozvinout přímo nelze, proto byl vytvořen drátový model postavy. Při vytváření drátového modelu byl trup těla rozdělen pomocí rovin do menších rozvinutelných částí. Zde byly využity znalosti o antropometrických bodech a o členění lidského těla rovinami, křivky byly tedy zrekonstruovány a povrch těla následně pokryt rozvinutelnou plochou. K rozvinování byly použity moduly a nástroje programu v programu CATIA.

Rozvinutí těla do roviny bylo prováděno na levé polovině trupu, neboť se počítá se symetrií těla a odděleně pro zadní část a přední část těla.

Tento způsob rozvinutí povrchu kopírující tvar lidského těla je vhodný pro výrobu elastického prádla, které těsně přiléhá k tělu. Pro výrobu svrchních oblečení bylo třeba povrch těla upravit tak, aby tvary obvodových rozměrů figuríny odpovídaly rozměrům měřeným na těle kontaktní metodou. Z tohoto důvodu byl vytvořen druhý drátový model, který „nekopíruje“ přímo tvar těla, ale je zjednodušen.

Práce se zabývala i myšlenkou vrstvení oděvu s možnou návazností na rozvinutý povrch těla. Zohledněním přídavek na volnost a na tloušťku vrstev materiálu byl stanoven postup pro řešení vrstev oděvu s využitím programu CATIA.

Postup rozvinování těla i s možností simulace vrstvení oblečení jsou součástí kapitoly 6, 7 a jsou doloženy obrázky a soubory v příloze č. 1, č. 2 a č. 3 zpracované v programu CATIA. Výsledky jsou návodem pro možné rozvinování celého lidského těla a pro řešení výzkumných prací i dalších prací diplomových.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] LAWRENCE, S.: *Developable Surfaces: Their History and Application*. Nexus Network Journal, 2011, 13.3: 701-714.
- [2] EULER, L.: 1772. *De solidis quorum superficiem in planum explicare licet (E419)*. Novi commentarii academiae scientiarvm imperialis Petropolitanae XVI (1771): 3-34. Rpt. Leonhardi Euleri Opera Omnia : Series 1, vol. 28, pp. 161-186.
- [3] MONGE, G.: 1780. *Mémoire sur les propriétés de plusieurs genres de surfaces courbes, particulièrement sur celles des surfaces d'evloppables, avec une application à la theorie des ombres et des pénombres*. Mémoires de divers sçavans 9: 593-624 (written 1775).
- [4] MONGE, G.: 1785. *Mémoire sur les développées, les rayons de courbure, et les différents genus d'inflexions des courbes à double courbure*. Mémoires de divers sçavans 10: 511-50 (written 1771).
- [5] TOMICZKOVÁ, S. - JEŽEK, F.: *Deskriptivní geometrie 2: Polocný učební text - díl I*. [online]. 1. vyd. Plzeň, 2009[cit. 2013-04-03]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fgeometrie.kma.zcu.cz%2Findex.php%2Fwww%2Fcontent%2Fdownload%2F909%2F2563%2Ffile%2FDEG2_1.pdf&ei=VX9cUbqqJ8v34QTvzIDwCA&usg=AFQjCNGGvQO-Tl_J-yxDn_l4QqW5m0E9MA&bvm=bv.44697112,d.bGE&cad=rja
- [6] Computer aided design. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Computer_aided_design
- [7] Siemens: CAD Počítačem podporované projektování. SIEMENS PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT SOFTWARE INC. *Siemens PLM software*[online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/plm/cad.shtml

[8] ŽÁRA, J.: *Počítačová grafika principy a algoritmy /: principy a algoritmy*. 1. vyd. Praha: Grada, 1992, 446 s., [8] s. barev. il. ISBN 80-856-2300-5.

[9] ŽÁRA, J.: *Moderní počítačová grafika: principy a algoritmy*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 1998, 448 s. ISBN 80-722-6049-9.

[10] SOBOTA, B.: *Počítačová grafika a jazyk C*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 1995, 272 s. ISBN 80-858-2852-9.

[11] BÍZKOVÁ: Počítačová grafika: 2D a 3D grafika. In: [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~bizkova/>

[12] PÍŠA, Z. – POLZER, A.: Systémy CAD. In: *Inovace studijních programů Strojírenské technologie: Výukový modul číslo 3* [online]. 2012 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://esf.fme.vutbr.cz/modul/3/systemy_cad.pdf

[13] HYNEK, M.: CA - technologie. In: *Katedra konstruování strojů* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2010 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_dokumenty_FST/_akreditace-FST-09/DATA/ukazky/0_1ca_uvod%5B1%5D_MH.pdf

[14] Geometrie/Geometrické modelování. *Wikiknihy* [online]. 2011 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://cs.wikibooks.org/wiki/Geometrie/Geometrick%C3%A9_modelov%C3%A1n%C3%AD

[15] Počítačem podporované CA - systémy. *Katedra oděvnictví: CAD/CAM systémy v oděvní výrobě* [online]. 2009 [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/CAD/prednasky/prednasky_2012_2013/prednaska_CA_D_2B_2013.pdf

[16] The free dictionary. *ENCYCLOPEDIA. Wireframe modeling* [online]. 1998 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/wireframe+modeling>

- [17] ZHOU, M. et al.: *Design and shape adjustment of developable surfaces*. Applied Mathematical Modelling, 2012.
- [18] AZARIADIS, P. - ASPRAGATHOS, N.: *Design of plane developments of doubly curved surfaces*. Computer-Aided Design, 1997, 29.10: 675-685.
- [19] HINDS, B.K. - MCCARTNEY, J. - WOODS, G.: *Pattern development for 3D surfaces*. Computer-Aided Design. 1991, 23(8), 583-592.
- [20] SHIMADA, T. - TADA, U.: *Development of curved surface using finite element method*. In Pmt. 1st. Conf: Computer-Aided Optimum Design of Structures, Recent Advances, ed. C.A. Brebbia and S. Hernadex. 1989, Springer-Verlag. pp. 23-30.
- [21] SHIMADA, T. - TADA, U.: *Approximate transformation of an arbitrary curve surface into a plane using dynamic programming*. Computer- Aided Design, 1991, 23(2).
- [22] GERSHON, E.: *Model fabrication using surface layout projection*. Computer-Aided Design, 1995, 27(4), 283-291.
- [23] SUNDAR. P. - VARADA, R.: *Evolution of generic mathematical models and algorithms for the surface development and manufacture of komplex ducts*. Journal ofEngineeringfor Industry, 1995.117, 177- 185.
- [24] 3D-ARCH: *Developing Computer Programs to Create Perspectives, Form Generation, UnFolding, etc*. Solarchvision [online]. 2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://solarchvision.com/?page_id=64
- [25] KLEIBER, M.: *The fire of life*. 1961. Wiley, New York
- [26] MCMAHON, T.: *Size and shape in biology*. 1973. Science 179:1202–1204
- [27] CHRISTIANSEN, P.: *Scaling of mammalian long bones: small and large mammals compared*. 1999. J Zool (Lond) 247:333–348

- [28] LACALLI, T. *Body plans and simple brains*. 2003. Nature 424:263–264
- [29] MCCULLOH, K.A. – SPERRY, J.S. – ADLER, F.R.: *Water transport in plants obeys Murray's law*. 2003. Nature 421:939–942
- [30] WANG, J. – HIHARA, E.: *Human body surface area: a theoretical approach*. European journal of applied physiology, 2004, 91.4: 425-428.
- [31] SHEIKH-ZADE, Yu.R. – GALENKO-YAROSHEVSKII, P.A.: *Mathematical model of human body surface area*. Bulletin of Experimental Biology and Medicine, 2000, 129.3: 304-305.
- [32] DUBOIS, D. – DUBOIS, E.F.: *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. Arch Intern Med 1916;17:863-71.
- [33] MOSTELLER, R.D.: *Simplified calculation of body surface area*. N Engl J Med 1987;317:1098.
- [34] VERBRAECKEN, J. et al.: *Body surface area in normal-weight, overweight, and obese adults. A comparison study*. Metabolism, 2006, 55.4: 515-524.
- [35] GEHAN, E.A. – GEORGE, S.L.: *Estimation of human body surface area from height and weight*. Cancer Chemother Rep 1970;54:225- 35.
- [36] HAYCOCK, G.B. – SCHWARTZ, G.J. – WISTOTSKY, D.H.: *Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children, and adults*. J Pediatr 1978;93:62 - 6.
- [37] YU, C.Y. – LO, Y.H. – CHIOU, W.K.: *The 3D scanner for measuring body surface area: a simplified calculation in the Chinese adult*. Appl Ergon 2003;34:273 -8.

- [38] RIEGEROVÁ, J. – PŘIDALOVÁ, M. – ULBRICHOVÁ, M.: *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie)*. 3. vyd. Olomouc: Hanex, 2006, 262 s. ISBN 80-857-8352-5.
- [39] XU, B. et al.: *Body scanning and modeling for custom fit garments*. Journal of Textile and Apparel Technology and Management, 2002, 2.2: 1-11.
- [40] HUANG, H. Q., et al.: *Block pattern generation: From parameterizing human bodies to fit feature-aligned and flattenable 3D garments*. Computers in Industry, 2012.
- [41] LIU, Y.J. - ZHANG, D.L. - YUEN, M.M.F.: *A survey on CAD methods in 3D garment design*. Computers in Industry, 2010, 61.6: 576-593.
- [42] AccuMark V-Stitcher. *AL-BORJ* [online]. 2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.al-borj.com/ae/index.php?option=com_k2&view=item&id=34:accumark-v-stitcher%E2%84%A2
- [43] TURQUIN, E. – CANI, M.P. – HUGHES, J.F.: *Sketching garments for virtual characters*, in: *EG Workshop on Sketch-based Interfaces and Modeling*, 2004, 175–182.
- [44] DECAUDIN, P. – JULIUS, D. – WITHER, J.: *Virtual garments: a fully geometric approach for clothing design*, Computer Graphics Forum 25 (3) (2006) 625–634.
- [45] WANG, C.C.L. - WANG, Y. - YUEN, M.M.F.: *Feature based 3D garment design through 2D sketches*, Computer-Aided Design 35 (2002) 659–672.
- [46] [TC]² Announces Major Breakthrough in 3D Full Body Scanning. *[TC]²* [online]. 2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: <http://www.tc2.com/newsletter/2012/022912.html>
- [47] Optitex Flattening on Adam model. ISKRA, Jiří. *Google: YouTube* [online]. Computer Press, 2012 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://www.youtube.com/watch?v=RmDuT_LvQUI

- [48] ANDERSON, K.: *Patternmaking: Past to Present*. Retrieved February, 2005, 12: 2006.
- [49] *Rundschau: Farbe und Weiss*. München: Deutsche Bekleidungsakademie, May, 2012, roč. 2012, č. 5.
- [50] STEJSKALOVÁ, R.: *Klasické a nové metody zjišťování tělesných rozměrů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2000, BP, TUL/FT/KKV
- [51] ŽÁKOVÁ, K.: *Rozvinování povrchu 3D objektů a jejich aplikace při rozvinování povrchu lidského těla*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008, BP, TUL/FT/KKV
- [52] *Bezkontaktní způsob snímání povrchu lidského těla* [online]. Liberec, Katedra oděvnictví, 2010 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: www.kod.tul.cz/predmety/FRVS_2648_2010/catia/1.pdf
- [53] ČSN 80 0090 (ISO 8559). *Metodika měření tělesných rozměrů mužů, žen, chlapců a dívek*. Výzkumný ústav oděvní, a. s., Prostějov, 1993.
- [54] ČIHÁK, R.: *Anatomie*. 3., upr. a dopl. vyd. Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 97880247381781.
- [55] RIGUTTI, A.: *Ilustrovaný atlas anatomie*. 1. vyd. Praha: Sun, 2006, 239 s. ISBN 80-737-1142-7.
- [56] Orientace na lidském těle. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2013-05-26]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Orientace_na_lidsk%C3%A9m_t%C4%9Ble
- [57] TICKOO, S.: *CATIA: kompletní průvodce*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2012, 696 s. ISBN 978-80-251-3527-3.

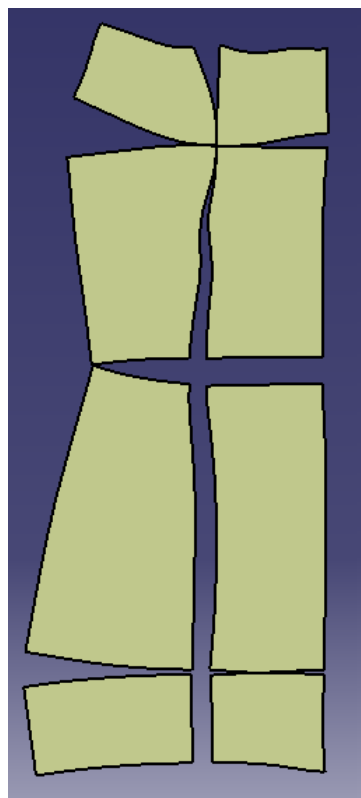
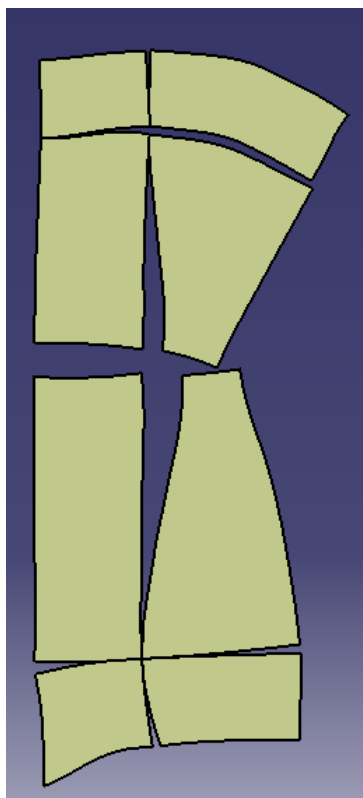
[58] *ACC JOURNAL XVIII: Natural Science and Technology*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012, roč. 2012, č. 1. ISSN 1803-9782. 58–67

[59] NEJEDLÁ, M. a kol.: *Systém přídavek v jednotné metodice konstruování oděvů*. Prostějov: Výzkumný ústav oděvní Prostějov, 1989.

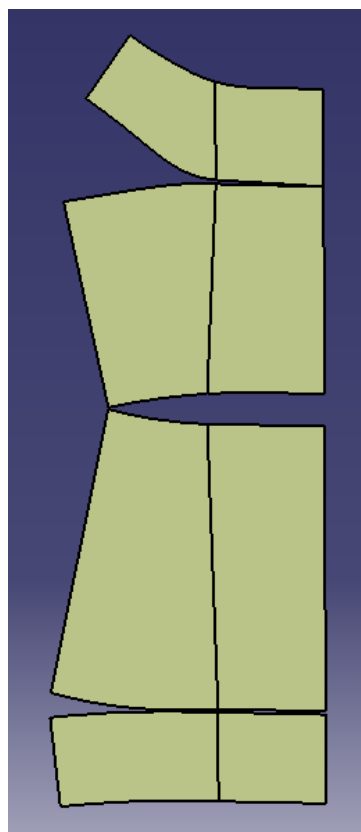
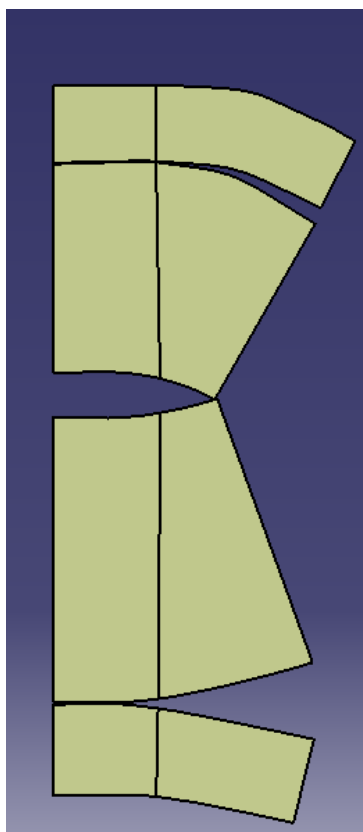
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Porovnání rozvinutí povrchu přímo z těla s rozvinutím povrchu se zjednodušenými obvody
- Příloha č. 2 Zobrazení postupného vrstvení oděvu
- Příloha č. 3 Soubory CATIA: „Povrch trupu“ a „Vrstvení oděvu“ (na přiloženém CD)

Příloha č. 1 Porovnání rozvinutí povrchu přímo z těla s rozvinutím povrchu se zjednodušenými obvody

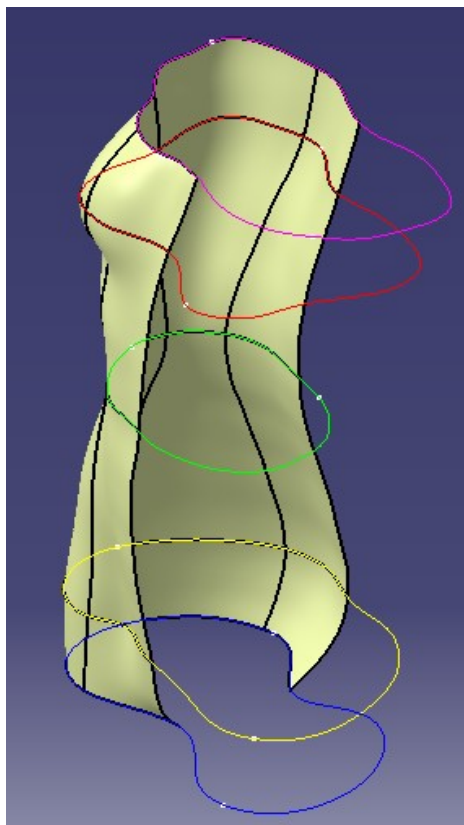


Rozvinutý povrch zadního a předního díl trupu přímo z těla

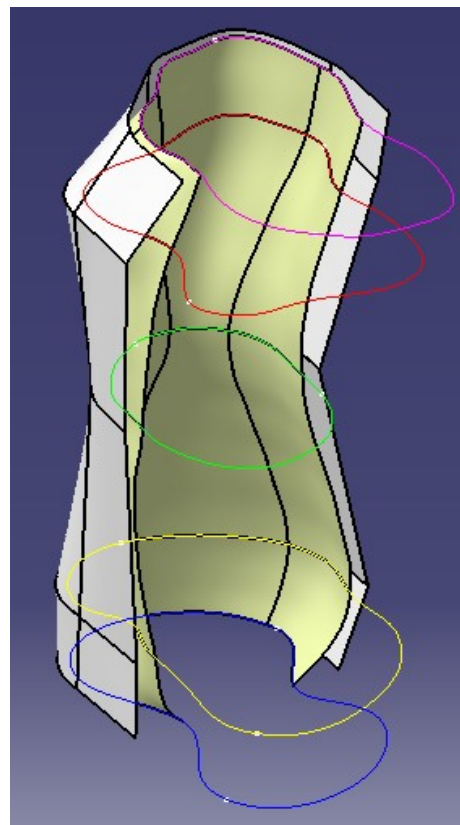


Rozvinutý zjednodušeného povrchu zadního a předního dílu trupu

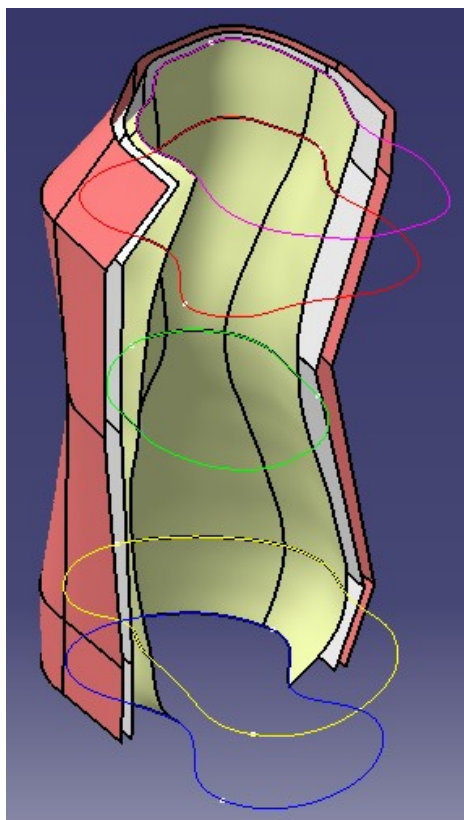
Příloha č. 2 Zobrazení postupného vrstvení oděvu



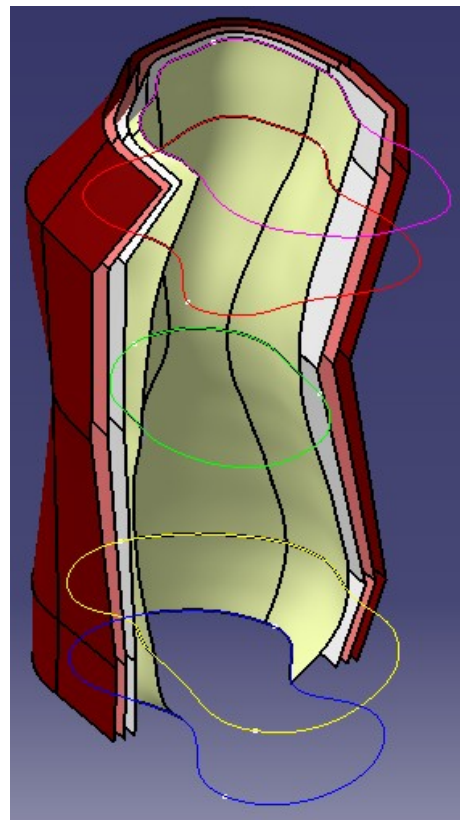
Samotný trup – povrch lidského těla (figuríny)



První vrstva oděvu



Druhá vrstva oděvu



Třetí vrstva oděvu